

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -  
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA  
Institut environmentálního inženýrství

## Imisní zátěž Třinecka

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce:

Bc. Michal Raszka

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.

Ostrava 2016

**VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA**

**FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**

Institute of environmental engineering

# Immission load of Trinec area

DIPLOMA THESIS

Author:

Bc. Michal Raszka

Supervisor:

Prof. Ing. Helena Ráclavská CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut environmentálního inženýrství

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Raszka**  
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny  
Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství  
Téma: Imisní zátěž Třinecka  
Immission load of Trinec area  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Charakteristika území
  - 2.1 Geologie a geomorfologie
  - 2.2 Klimatické podmínky
  - 2.3 Průmyslové zdroje
  - 2.4 Doprava
  - 2.5 Lokální zdroje vytápění
3. Metodika odběru vzorků a analýz
  - 3.1 Těžké kovy v PM10
  - 3.2 Polyaromatické uhlovodíky v PM10
  - 3.3 Elementární a organický uhlík, black carbon
4. Geochemie těžkých kovů v PM10
5. Organické sloučeniny v PM10
6. Identifikace zdrojů znečištění
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Blažek Z., Černíkovský L. et al. (2013): Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-87577-15-8, 1-180.

Liu, D., Allan, J.D., Young, D.E., Coe, H., Beddows, D., Fleming, Z.L., Flynn, M.J., Gallagher, M.W., Harrison, R.M., Lee, J., Prevot, A.S.H., Taylor, J.W., Yin, J., Williams, P.I., Zotter, P., 2014. Size distribution, mixing state and source apportionment of black carbon aerosol in London during wintertime. Atmos. Chem. Phys. 14, 10061-10084.

McMeeking, G.R., Hamburger, T., Liu, D., Flynn, M., Morgan, W.T., Northway, M., Highwood, E.J., Krejci, R., Allan, J.D., Minikin, A., Coe, H., 2010. Black carbon measurements in the boundary layer over western and northern Europe. Atmos. Chem. Phys. 10, 9393-9414.

Ravindra K., Sokhi R., van Grieken R. (2008): Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. Atmospheric Environment. V. 42, 2895-921


Reche C., Querol X. et al. (2011): New consideration for PM, black carbon and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities. Atmos. Chem. Phys., V.11, 6207-6227.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016

  
doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová  
vedoucí institutu



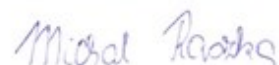
  
prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.  
děkan fakulty

## *Prohlášení autora diplomové práce*

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

*V Ostravě dne 29. 4. 2016*

*Bc. Michal Raszka*



## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucí této diplomové práce Prof. Ing. Heleně Raclavské CSc. za vedení, cenné rady a trpělivost. Také bych chtěl poděkovat Ing. Barboře Sýkorové a Ing. Markovi Kucbelovi, za pomoc při práci v laboratoři a terénu a v neposlední řadě své přítelkyni za podporu a důvěru.

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá imisní zátěží Třinecka, a to rozdíly mezi průmyslovým zatížením, jehož největším producentem jsou Třinecké Železárny a.s., a lokálními topeništi v této oblasti. V teoretické části je charakterizována oblast Třinecka s imisní zátěží těžkých kovů, polyaromatických uhlovodíků, organického uhlíku a „black carbonu“. Dále je řešena problematika zdrojů znečišťujících ovzduší v zájmovém území, a to jak průmyslových, dopravních, tak i lokálních zdrojů vytápění, které patří k významným producentům znečišťujících látek.

V praktické části jsou zpracovány výsledky z lokalit Třinec a Ostrava-Poruba, které byly získány ze vzorků odebraných ZUOVA a poté analyzovány v laboratoři IGI, VŠB TU OSTRAVA, v akreditovaných laboratořích firmy ALS GLOBAL. Analýzou částic PM<sub>10</sub> bylo prokázáno, že imise v Třinci obsahují výrazně vyšší koncentrace Mn a Pb než v Třinci-Oldřichovicích, kde byly také zjištěny nepatrně vyšší obsahy benzo[*a*]pyrenu, což souvisí s provozem lokálních topenišť. Koncentrace „black carbonu“ i organického uhlíku (OC) byly nepatrně vyšší v Třinci. Z výsledků měření vyplývá, že na znečištění ovzduší v Moravskoslezském kraji se nemalou mírou podílejí právě lokální zdroje vytápění.

**Klíčová slova:** PM<sub>10</sub>, Těžké kovy, PAU, OC, Black carbon, Benzo[*a*]pyren

## Summary

This diploma thesis deals with the emission load of Třinec area. It is concerned especially with the difference between industrial emission producers, among them the most significant one is the Třinecké Železářny, a. s., and local stoves and fireplaces. The theoretical part of this thesis characterizes the area of Třinec and its emission load of heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, organic carbon and black carbon. Furthermore the thesis deals with the sources of air pollution in the area of interest, especially with the industrial sources and emissions from traffic, as well as with local stoves and fireplaces that are traditionally significant producers of emissions.

The practical part of this thesis processes the outcomes from the areas of Třinec and Ostrava-Poruba that were obtained from samples collected by ZUOVA and then analysed in the IGI lab, VŠB-TU Ostrava, in a credential lab ALS GLOBAL. After analysing the PM<sub>10</sub> it was proved that the emissions in Třinec contain much higher concentration of Mn and Pb than in Třinec-Oldřichovice. In Třinec-Oldřichovice was on the other hand found slightly higher concentration of benzo[*a*]pyren, which relates to the usage of stoves and fireplaces. The concentrations of both black carbon and organic carbon (OC) were slightly higher in Oldřichovice than in Třinec. The result of measuring imply that the air pollution in Moravian-Silesian Region is affected largely by local stoves and fireplaces.

**Key words:** PM<sub>10</sub>, Heavy metals, PAU, OC, Black Carbon, Benzo[*a*]pyren



## Obsah

1 Úvod a cíl práce .....	1
2 Charakteristika území .....	3
Historie města .....	4
Imisní zátěž oblasti.....	5
Těžké kovy .....	7
Olovo .....	7
Kadmium .....	8
Arsen .....	8
Nikl .....	9
Benzo[a]pyren v ČR .....	11
2.1 Geologie a Geomorfologie .....	12
2.2 Klimatické podmínky .....	14
2.3 Průmyslové zdroje .....	17
Třinecké železářny .....	17
Další zdroje znečištění .....	20
2.4 Doprava.....	21
2.5 Lokální zdroje vytápění .....	23
3 Metodika odběrů vzorků a analýz.....	26
3.1 Těžké kovy v PM <sub>10</sub> .....	26
3.2 Polyaromatické uhlovodíky v PM <sub>10</sub> .....	27
3.3 Elementární a organický uhlík .....	27
3.4 Black carbon .....	28
4. Geochemie těžkých kovů v PM <sub>10</sub> .....	29
Železo.....	30
Zinek .....	31

Měď.....	31
Olovo.....	31
Kadmium.....	32
Arsen .....	33
Nikl.....	34
5. Organické sloučeniny v PM10.....	37
5.1 Organický uhlík .....	37
5.2 Black carbon .....	40
5.3 Polyaromatické uhlovodíky v PM <sub>10</sub> .....	42
5.3.1 Analýza rizik.....	45
5.3.2 Diganostické poměry – polyaromatické uhlovodíky .....	47
5.3.3 Identifikace rozložení částic podle velikost v zrnitostních třídách.....	51
6. Závěr .....	55

## 1 Úvod a cíl práce

Stav čistoty ovzduší je jedním ze tří nejdůležitějších environmentálních faktorů působících na lidské zdraví. Přestože poživatiny živočišného i rostlinného původu a pitná voda jsou zdrojem cca 85% celkové zátěže člověka toxickými látkami, lze na druhé straně vhodnou volbou jejich složení a původu mnohým rizikům předcházet a minimalizovat nebezpečí intoxikace. Člověk však průměrně vdechne (a vydechne) 15 až 20 m<sup>3</sup> vzduchu (18 až 24kg) za den, takže i nepatrné koncentrace škodlivin v ovzduší mohou výrazně ovlivnit jeho zdraví. Na rozdíl od možné volby potravin lze jen velmi obtížně „vybírat“ mezi různými druhy atmosféry... (Víden, 2005)

Zájmovým územím diplomové práce, jak již z názvu vyplývá, je oblast Třinecka, ve které je řešena především problematika imisní zátěže a to jak z průmyslových zdrojů, tak i z lokálních topenišť, které se nemalým procentem podílí na znečištění v této oblasti. Do ovzduší se tak dostávají především částice PM<sub>10</sub>, které obsahují nežádoucí látky, kterými jsou těžké kovy, polyaromatické uhlovodíky a další organické sloučeniny. Spolu s nimi se do ovzduší dostává i elementární a organický uhlík a také v poslední době často řešený „black carbon“.

I přes to, že se tato problematika stále řeší v médiích při inverzních epizodách, je nutné věnovat zvýšenou pozornost všem negativním faktorům ovlivňující imisní zátěž v tomto kraji. Použitím diagnostickým poměrů, které vychází z jednotlivých analytů PAU, nebo specifických markerů (vybrané organické sloučeniny – hopany) jsou nově k dispozici informace o vlivu jednotlivých zdrojů znečištění na imisní zátěž v regionu. Diagnostické poměry ukazují, že se nemusí jednat jen o průmysl, který má v této oblasti podstatný vliv na zdraví občanů a životní prostředí, ale také o imisní zátěž způsobenou lokálními topeništi, které také značnou mírou k této zátěži přispívají. Je však zatím pouze na zvážení všech, kteří vlastní spalovací kotel, zda spalují správné palivo, a pokud ano, zda je spalováno správně (např. zajištění optimálního přístupu vzduchu), aby zbytečně nedocházelo k tvorbě nežádoucích látek (těkavé organické látky a uvolňování prachových částic PM<sub>10</sub>). Nabízí se tedy jako řešení možnost kotlíkových dotací, které by měli využít především ti, kteří vlastní starý spalovací kotel. V současné době, je však rozpočet pro Moravskoslezský kraj opět vyčerpán a nastává situace, kdy lidé chtějí svůj kotel vyměnit, ale chybí k tomu dostatečné množství financí.

Pro zkoušení teplovodních kotlů na tuhá paliva (při uvedení na trh – certifikace) je v platnosti norma EN 303-5:2012 (kotle do výkonu 500 kW), která platí v jednotlivých státech EU. V normě jsou uvedeny základní emisní limity, které musí kotle plnit při jmenovitém a sníženém výkonu. Dříve platná norma EN 303-5:1999 stanovila emisní třídy 1 až 3 spalovacích zařízení. Limity pro tyto třídy jsou v rozmezí 125 až 200 mg/m<sup>3</sup>. Nová norma EN 303-5:2012 již nemá emisní třídy 1 a 2 a naopak přidává emisní třídy 4 a 5. Limity pro třídu 4 jsou 75 mg/m<sup>3</sup> a pro třídu 5 je to 60 mg/m<sup>3</sup>. Emisní třída 3 zůstala beze změn. V porovnání s velkými energetickými zdroji (limit 50 mg/m<sup>3</sup>) jsou však tyto hodnoty pro nové kotle velice zarážející. ([www.vytapeni.tzb-info.cz](http://www.vytapeni.tzb-info.cz))

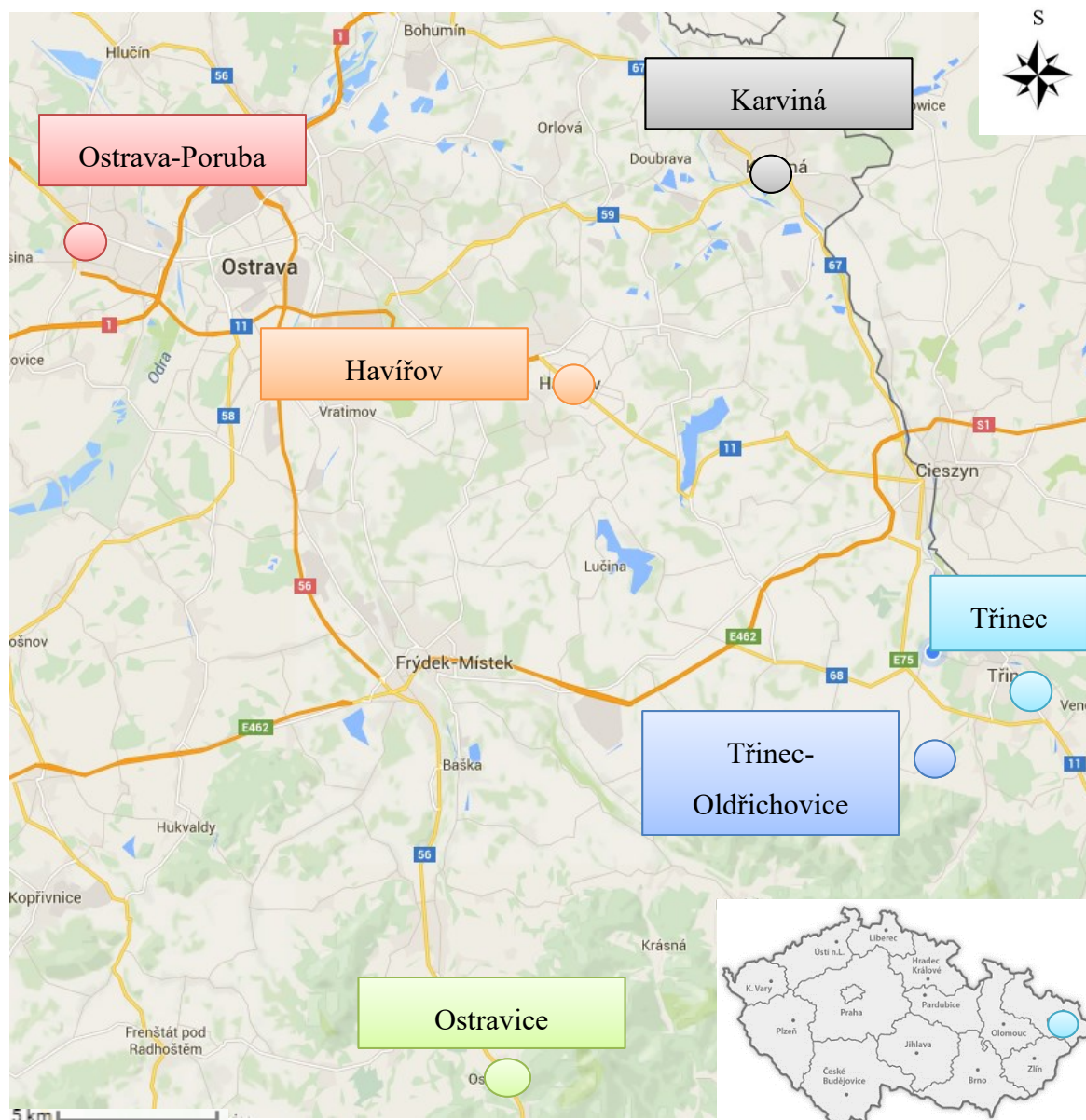
Jemné prachové částice v ovzduší (PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>) jsou kvůli schopnosti vázat látky, které mají karcinogenní nebo mutagenní účinky, významným rizikovým faktorem s mnohočetným efektem na lidské zdraví. Třetina obyvatel České republiky žije v oblastech s překročenými imisními limity pro denní koncentrace prachových částic PM<sub>10</sub> a přibližně polovina obyvatel je vystavena nadlimitním koncentracím karcinogenního benzo[*a*]pyrenu. Velkým producentem prachových částic jsou lokální topeniště, která vypouští do ovzduší přibližně 38 % všech částic PM<sub>10</sub> a téměř 90 % všech emisí benzo[*a*]pyrenu. ([www.vytapeni.tzb-info.cz](http://www.vytapeni.tzb-info.cz))

Cílem předložené diplomové práce je porovnání imisní zátěže v oblasti Třinec, Třinec-Oldřichovice s dalšími lokalitami v regionu (Havířov-Šumbark, Karviná-ZUOVA, Ostravice – slouží jako pozad'ová lokalita) a vyhodnocení podílů jednotlivých zdrojů na znečištění.

V rámci imisní zátěže jsou vyhodnoceny: těžké kovy, polyaromatické uhlovodíky, organický uhlík a „black carbon“ ze čtyř vzorkovacích kampaní, které probíhaly v období 2013/2014 – 2014/2015. Výsledky, které jsou použity pro interpretaci, byly získány v rámci řešení projektu „Aktualizace a digitalizace databáze emisí REZZO I až IV za účelem zjištění podílů jednotlivých zdrojů na imisní situaci v Moravskoslezském kraji (CZ.1.02/2.1.00/11.13405)“, které zajišťovalo centrum ENET, VŠB – TU Ostrava.

## 2 Charakteristika území

Třinec je významné průmyslové město s nejdelší tradicí hutní výroby v České republice. Nachází se v Moravskoslezském kraji, v okrese Frýdek-Místek, třicet dva kilometrů jihovýchodně od Ostravy, na území historického Těšínského Slezska, a patří ke druhému nejvýchodnějšímu městu Česka. Počet obyvatel je 35 884 a s rozlohou 85,38 km<sup>2</sup> se Třinec řadí na třicáté šesté místo v pořadí velikosti měst České republiky. Rozkládá se v nadmořské výšce 306 m n. m., nejvyšším bodem je televizní vysílač na Javorovém vrchu, který dosahuje výšky téměř 1000 m n. m., Z jihu na sever protéká Třincem řeka Olše, která od svého výtoku z města tvoří hranici s Polskem. ([www.trinecko.cz](http://www.trinecko.cz))



Obrázek 1: Mapa zájmových lokalit ([www.google.cz/maps](http://www.google.cz/maps))

Aby bylo možné zájmovou oblast Třinecka objektivně posoudit, byla porovnána s lokalitami nacházejícími se v různých částech Moravskoslezského kraje. K tomuto porovnání byla vybrána lokalita: Karviná-ZUOVA (lokalita ovlivněná převážně dopravou, jinak především v zástavbě panelových domů), Havířov-Šumbark (výskyt velkého množství lokálních topenišť soustředěných na malé ploše), Ostrava-Poruba (často řešená problematika smogu) a lokalita Ostravice, která slouží hlavně jako ukazatel čistoty kvality ovzduší. Všechny tyto lokality jsou vyznačeny na obr. č. 1. a na všech probíhalo měření imisí ve stejném období, a to v rozmezí let 2013/2014 a 2014/2015.

## **Historie města**

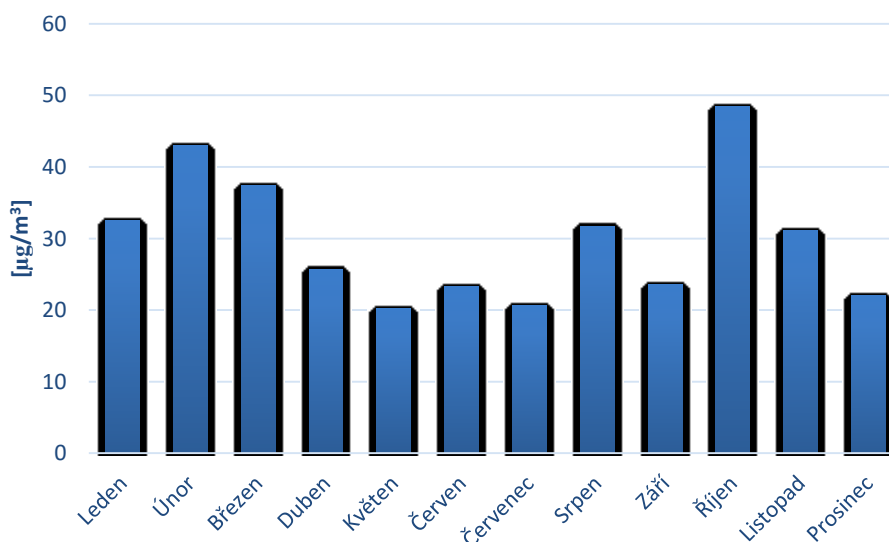
Obec Třinec vznikla již ve 14. století, ale první písemná zmínka pochází až z roku 1444. V 16. století se Třinec dostává do držení Mitmajerů z Blogotic a v jejich vlastnictví setrvává ještě i na počátku století následujícího. V té době měla vesnice 24 usedlostí. První podrobnější zprávy jsou dochovány z roku 1770 od tehdejšího urbáře, kdy měl Třinec 556 hektarů půdy s přibližně 200 obyvateli a krajina měla zcela zemědělský ráz.

V 18. a 19. století se v okolí těžila ruda a první naleziště chudé železné rudy zvané těšinit bylo na Ostrém vrchu. Nevelká úrodnost místní půdy, četná naleziště železné rudy a vápence, dostatek vodní energie a zdánlivě nevyčerpatelné zásoby dřeva v Beskydech přiměly Těšínskou komoru, kterou v té době vlastnil arcivévoda Karel Habsburský, zprovoznit železáreny v Třinci. V letech 1836 až 1839 tak byla vystavěna první dřevouhelná vysoká pec a v okolních obcích zahájena těžba železné rudy, ta se díky nízkému obsahu manganu výborně hodila ke slévání, proto již v roce 1842 v návaznosti na vysokou pec byla postavena slévárna a o další tři roky později smaltovna.

Založení Třineckých železáren v roce 1839 se stalo jedním z hlavních mezníků historie obce a širokého okolí. Zásadní význam pro rozvoj železáren, a tím i celé obce mělo vybudování Košicko-bohumínské železniční dráhy v letech 1869-1871, které bylo následováno rychlým rozvojem veřejných institucí. Dne 1.1 roku 1931 byla obec povýšena na město a postupně se ke Třinci připojovaly i některé okolní obce. ([www.info-trinec.cz](http://www.info-trinec.cz)), ([www.soupisamatek.com](http://www.soupisamatek.com))

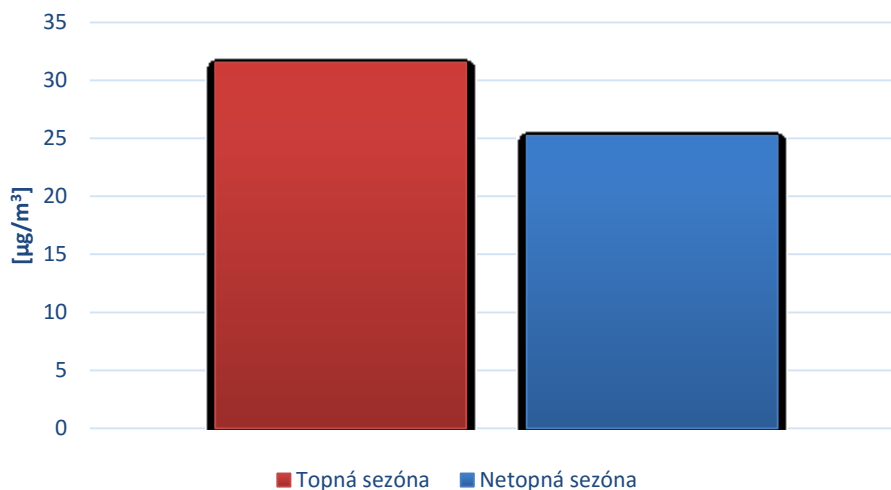
## Imisní zátěž oblasti

Ze serveru [www.envitech.sk](http://www.envitech.sk) byly staženy průměrné denní hodnoty částic  $PM_{10}$  ze stanice Třinec-Kosmos v roce 2015, ze kterých byl vytvořen graf č. 1. Z něj vyplývá, že ani v jednom z měsíců nebyl překročen limit  $50 \mu g/m^3$ . Z dat, která byla použita k vytvoření grafu, lze zjistit následující informace; nejvyšší maximální hodnota v lednu byla naměřena 22. 1. 2015 a dosahuje hodnoty  $99,88 \mu g/m^3$ , což je téměř dvojnásobek povoleného množství za den, měsíční průměr byl  $32,5 \mu g/m^3$  se směrodatnou odchylkou  $22,25 \mu g/m^3$ . V únoru byla maximální hodnota  $77,36 \mu g/m^3$  naměřena 16. den, opět je zde vysoké překročení limitu. Průměr za tento měsíc je  $42,96 \mu g/m^3$  a směrodatná odchylka činí  $14,93 \mu g/m^3$ . Dne 23. 3. 2015 je limit opět překročen a na stanici bylo naměřeno  $61,78 \mu g/m^3$ , průměrná měsíční hodnota je  $37,4 \mu g/m^3$  se směrodatnou odchylkou  $12,62 \mu g/m^3$ . Až  $102,91 \mu g/m^3$  se směrodatnou odchylkou  $22,77 \mu g/m^3$  bylo naměřeno 30. října, tento den byla naměřena teplota 11 až  $15^\circ C$ , což je oproti ostatním dnům výrazný teplotní pokles. Předpokládá se tak, že většina domácností si zatopila. Průměr  $48,46 \mu g/m^3$  v měsíci říjnu byl těsně pod limitem  $50 \mu g/m^3$ , což je oproti ostatním měsícům velice nezvyklé. Dne 5. listopadu byla naměřena maximální hodnota  $88,35 \mu g/m^3$  s průměrem  $31,07 \mu g/m^3$  a se směrodatnou odchylkou  $24,16 \mu g/m^3$ . V prosinci byly naměřeny průměrné hodnoty  $22,06 \mu g/m^3$  se směrodatnou odchylkou  $12,29 \mu g/m^3$  a předposlední den v roce, to je 30. prosince, byla naměřena nejvyšší hodnota  $61,88 \mu g/m^3$ . Hodnoty částic  $PM_{10}$  v zimních měsících byly nízké, to souvisí především s teplou zimou v tomto roce.



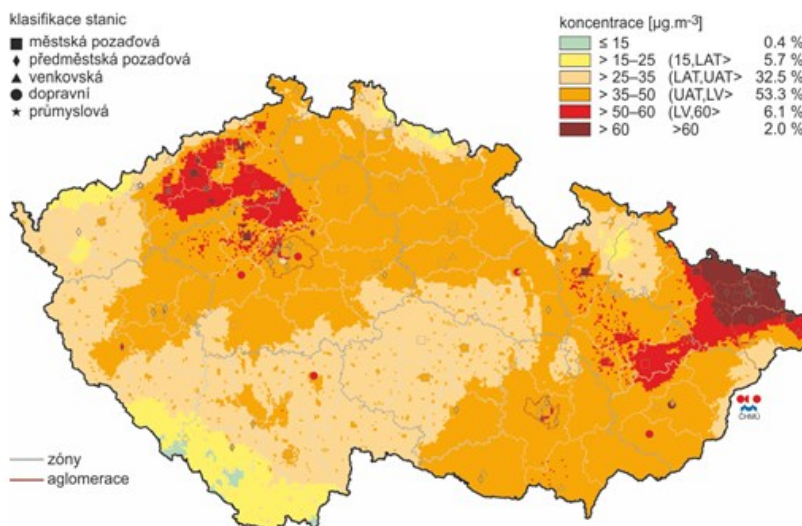
Graf 1: Průměrné měsíční hodnoty částic  $PM_{10}$  ze stanice Třinec-Kosmos za rok 2015

Z grafu také vyplývá rostoucí a klesající trend v závislosti na ročním období, kdy především v zimních měsících dochází ke zvýšení hodnot částic PM<sub>10</sub>, zdali za to mohou lokální topeniště či nikoli bude předmětem praktické části. Z grafu č. 2, který ukazuje průměrné hodnoty částic PM<sub>10</sub> v topné a netopné sezoně za rok 2015 vyplývá, že v topné sezoně, která trvá od září do května, byly naměřeny vyšší průměrné hodnoty (31,55 µg/m<sup>3</sup>) než v sezoně netopné (25,24 µg/m<sup>3</sup>), jejíž trvání je od června do srpna. (www.usetreno.cz)



**Graf 2: Průměrné hodnoty částic PM<sub>10</sub> za období topné a netopné sezóny v roce 2015**

Nejvyšší koncentrace částic PM<sub>10</sub> za 24 hodin na území celé České republiky jsou zobrazeny na obr. č. 2. Je patrné, že nejvyšší 24hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> se v rámci celé ČR vyskytují právě v příhraniční oblasti Moravskoslezského kraje.



**Obrázek 2: Nejvyšší 24hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> za rok 2014 (www.chmi.cz)**



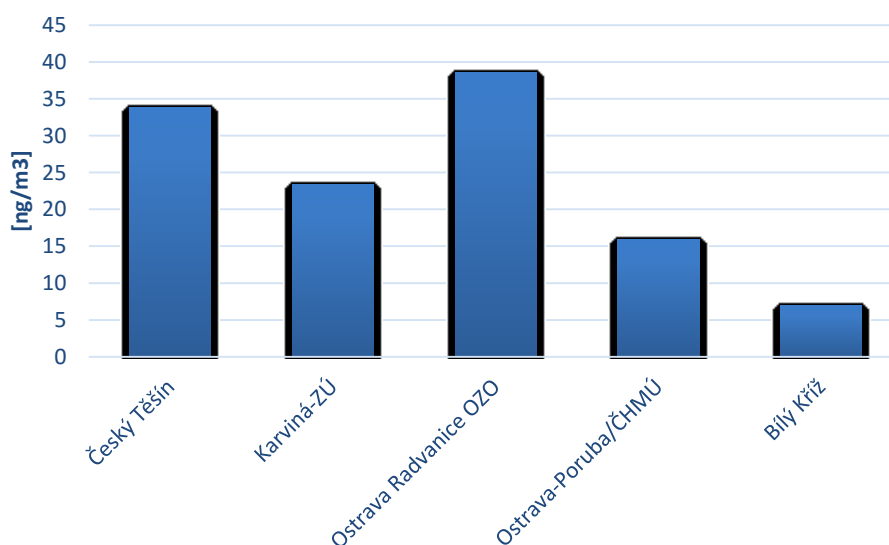
## Těžké kovy

Díky převažujícímu podílu sektoru veřejné energetiky, výroby tepla a sektoru výroby železa a oceli je i územní rozložení emisí těžkých kovů dané především rozmístěním podniků spadajících do těchto sektorů. Emise arsenu a niklu jsou soustředěny v oblastech, ve kterých se nacházejí tepelné elektrárny a teplárny spalující uhlí. Emise kadmia a olova územně převažují v aglomeraci O/K/F-M vlivem koncentrace podniků na výrobu železa a oceli.

Průměrné roční koncentrace všech sledovaných kovů v minulých letech mírně klesaly s výjimkou dvou výkyvů v letech 2010 a 2013. V roce 2010 se mohlo jednat o vliv zhoršených rozptylových a meteorologických podmínek, příčina však není dostatečně objasněna. V grafech č. 3 až 6 jsou uvedeny koncentrace těžkých kovů za rok 2014 v oblasti Moravskoslezského kraje. (www.portal.chmi.cz) Pro vytvoření těchto grafů byla použita data ze serveru ČHMI (tabelární ročenky), která vychází z měsíčních hodnot. Imisní limity a povolený počet jejich překročení za kalendářní rok jsou převzaty ze zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší příloha 1. (www.eagri.cz)

## Olovo

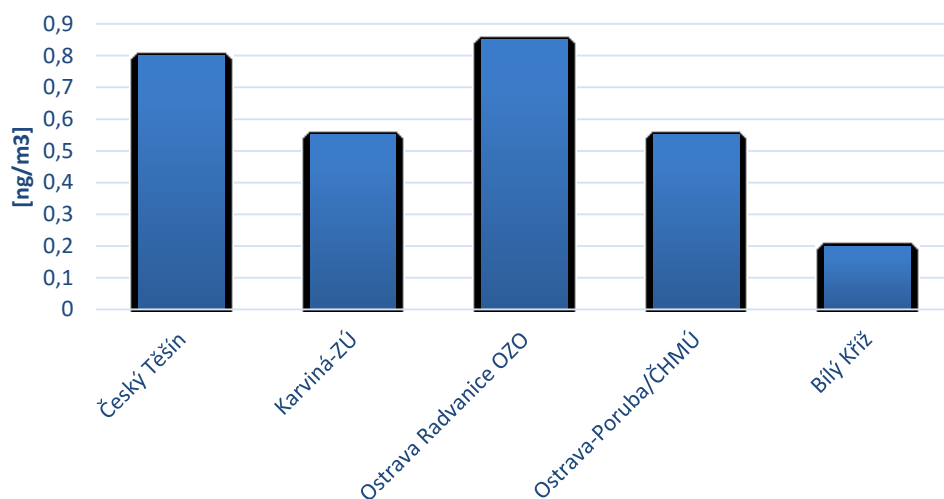
Nejvyšší koncentrace Pb ( $38,55 \text{ ng/m}^3$ ) byly naměřeny na stanici Ostrava Radvanice OZO. Druhá nejvyšší koncentrace byla naměřena v Českém Těšíně ( $33,8 \text{ ng/m}^3$ ). Nejnížší hodnoty  $6,95 \text{ ng/m}^3$  vykazovala pozadřová lokalita Bílý Kříž.



Graf 3: Průměrné roční koncentrace Pb

## Kadmium

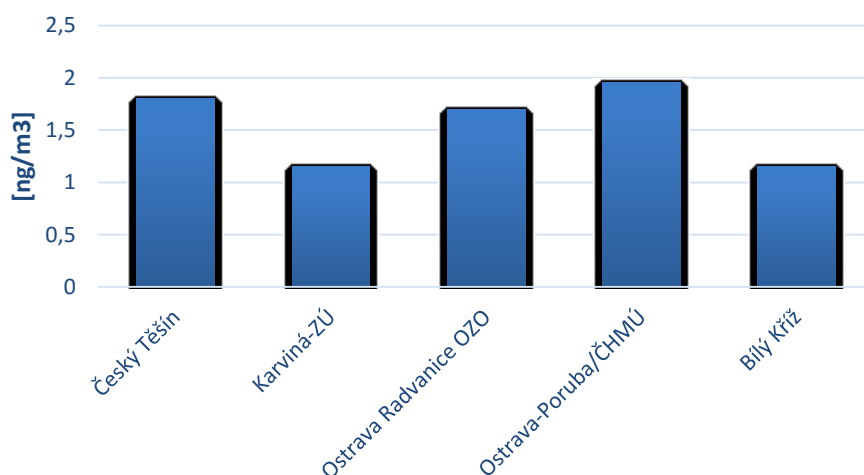
Imisní limit kadmia ( $5 \text{ ng/m}^3$ ) byl v roce 2014 překročen pouze na jedné lokalitě v ČR. V našem kraji, jak ukazuje graf č. 4, byly nejvyšší roční koncentrace naměřeny v lokalitě Ostrava Radvanice OZO s hodnotou  $0,85 \text{ ng/m}^3$ , následuje Český Těšín ( $0,8 \text{ ng/m}^3$ ). Nejnižší koncentrace Cd byly naměřeny opět v lokalitě Bílý Kříž ( $0,2 \text{ ng/m}^3$ ).



Graf 4: Průměrné roční koncentrace Cd

## Arsen

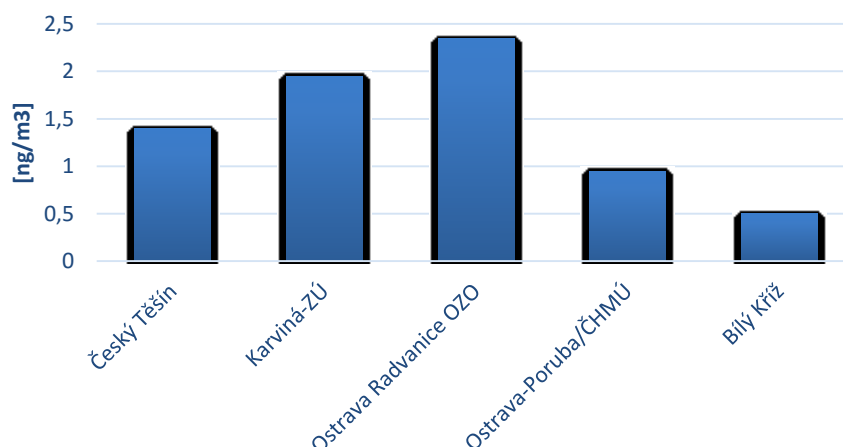
Na všech lokalitách byly naměřené průměrné roční hodnoty oproti imisnímu limitu ( $6 \text{ ng/m}^3$ ) třetinové, jak ukazuje graf č. 5.



Graf 5: Průměrné roční koncentrace As

## Nikl

V roce 2014 nebyl překročen na žádné z lokalit ani roční imisní limit niklu ( $20 \text{ ng/m}^3$ ). Nejvyšší průměrné roční koncentrace Ni v tomto roce byly naměřeny na stanici Radvanice OZO ( $2,35 \text{ ng/m}^3$ ). Všechny další hodnoty koncentrací byly pod hranicí  $2 \text{ ng/m}^3$ . Nejnižší roční hodnoty koncentrace Ni vykazovala stanice Bílý Kříž ( $0,5 \text{ ng/m}^3$ ) jak ukazuje graf č. 6.



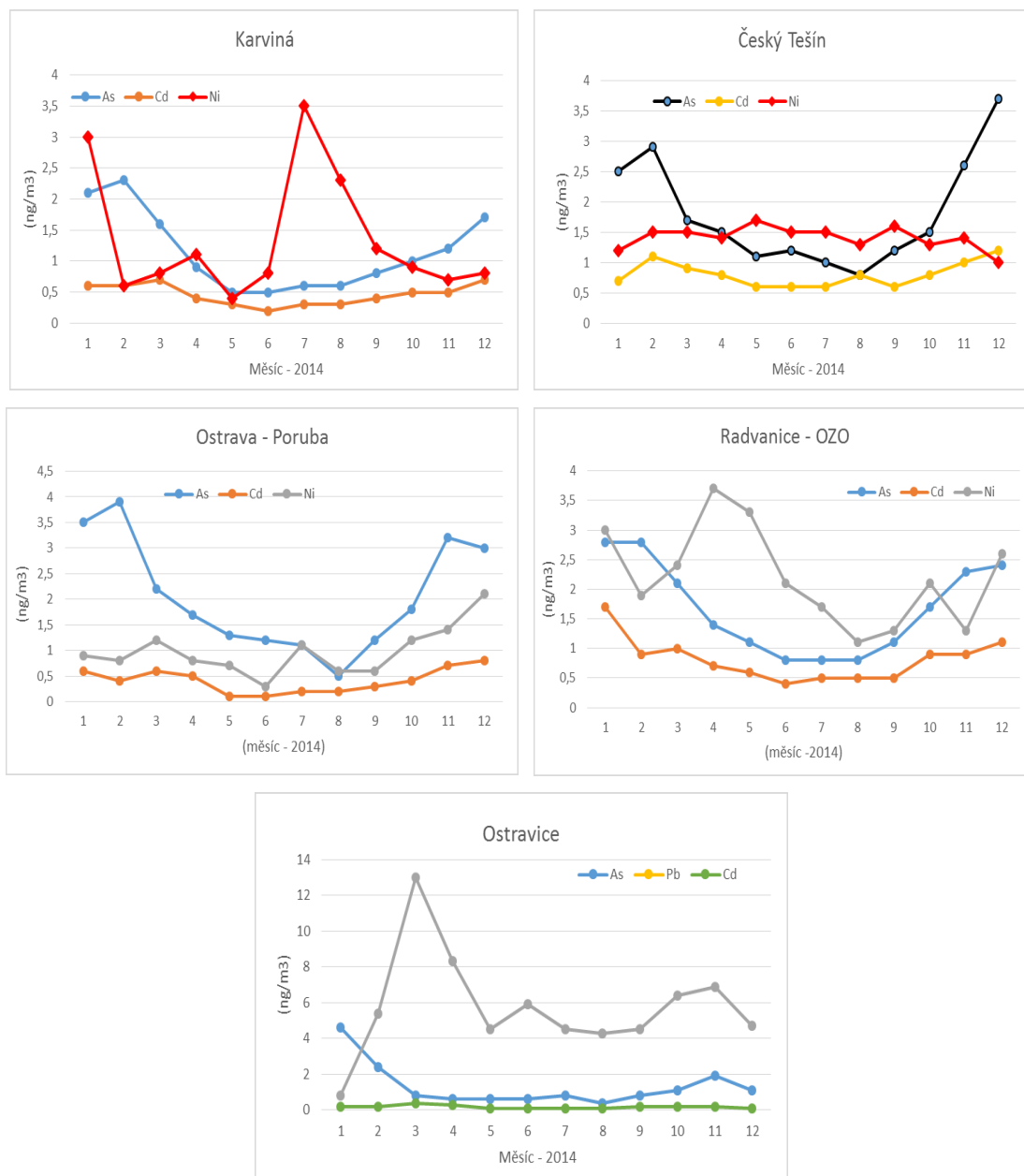
Graf 6: Průměrné roční koncentrace Ni

Následující grafy 7 až 9 jsou vytvořeny z průměrných měsíčních hodnot koncentrace rizikových prvků, které jsou uvedeny na serveru ČHMÚ, a byly vypočteny z denních hodnot. U As a Pb se projevuje výrazná závislost koncentrace na období, z výsledků je zřejmé, že se na zvýšené koncentraci v topném období výrazně podílí lokální topeniště. V tabulce č. 1 jsou uvedeny průměrné koncentrace prvků v topné a mimo topné sezóně, které byly opět vypočteny z denních koncentrací.

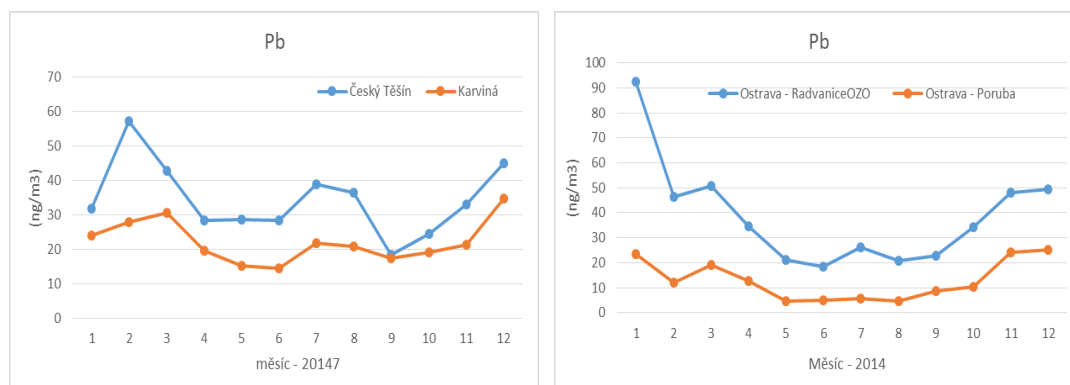
	As-T	As-MT	Cd-T	Cd-MT	Ni-T	Ni-MT	Pb-T	Pb-MT
[ $\text{ng/m}^3$ ]								
Český Těšín	2,18	1,05	0,88	0,66	1,37	1,47	36,43	30,47
Karviná	1,41	0,62	0,53	0,3	1,03	1,95	24,01	18,67
Ostravice	1,63	0,65	0,21	0,12			6,25	4,8
Ostrava - Radvanice	2,075	0,875	0,975	0,475	2,537	1,55	47,1	22,1
Ostrava - Poruba	2,575	1	0,512	0,2	1,137	0,65	16,46	5,97

Tabulka 1: Průměrné koncentrace prvků v topné sezóně (T) a mimo topné sezóně (MT)

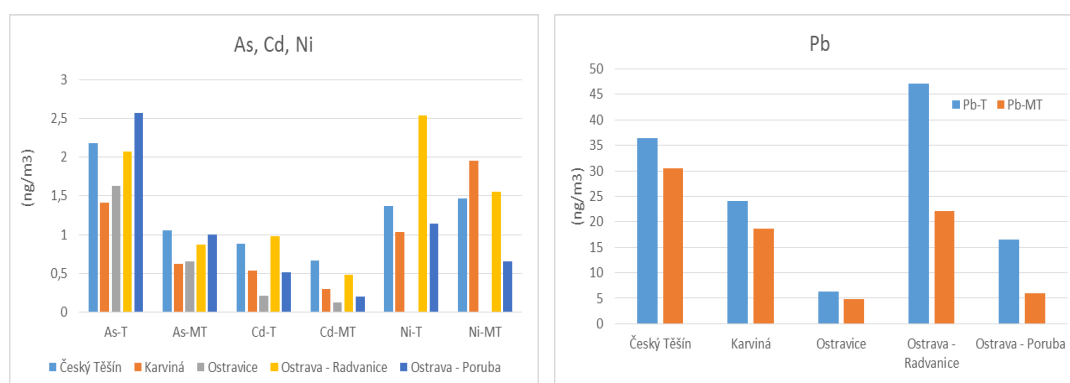
Z tabulky je zřejmé, že koncentrace As v mimo topné sezoně jsou cca na všech lokalitách až trojnásobně nižší, u Cd – dvojnásobně, u Ni není trend jednoznačný a u Pb dvoj až trojnásobně nižší s výjimkou lokality Český Tešín a Karviná, kde je koncentrace v mimo topné sezoně pouze nepatrně nižší.



Graf 7: Vývoj průměrné měsíční koncentrace As, Cd, Ni na vybraných lokalitách ([www.chmi.cz](http://www.chmi.cz))



**Graf 8: Vývoj průměrné měsíční koncentrace Pb na lokalitách Český Těšín, Karviná, Ostrava – Radvanice a Ostrava – Poruba**

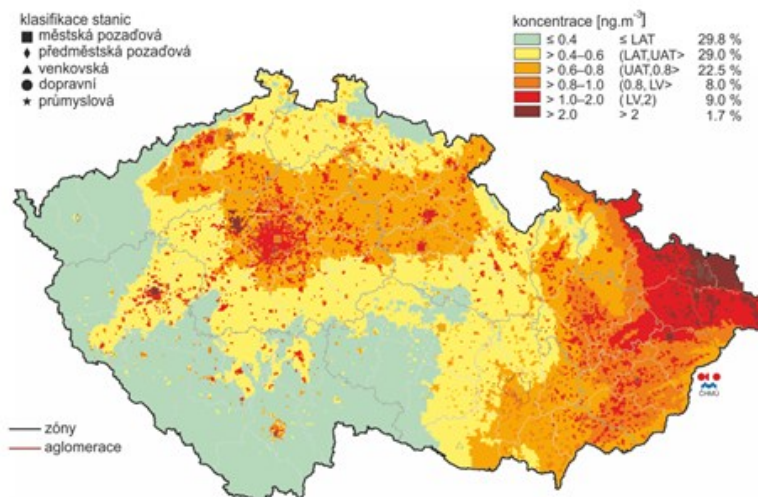


**Graf 9: Průměrné hodnoty koncentrace rizikových prvků pro topnou a mimo topnou sezonu v roce 2014**

## Benzo[a]pyren

Benzo[a]pyren ( $C_{20}H_{12}$ ) je hlavním představitelem polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH). Příčinou jejich přítomnosti v ovzduší je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv, jak ve stacionárních, tak i mobilních zdrojích, ale také některé technologie jako výroba koksu a železa. Ze stacionárních zdrojů to jsou především domácí topeniště (spalování uhlí a dřeva), z mobilních zdrojů se zde řadí vznětové motory spalující naftu.

Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Přibližně 80 až 100% PAH s pěti a více aromatickými jádry (tedy i benzo[a]pyren) je navázáno především na částice menší než  $2,5 \mu m$ , tedy na tzv. jemnou frakci atmosférického aerosolu  $PM_{2,5}$  (sorpce na povrchu částic). Tyto částice přetrvávají v atmosféře poměrně dlouhou dobu (dny až týdny), což umožňuje jejich transport na velké vzdálenosti (stovky až tisíce km). U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus.



**Obrázek 3: Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2014 (www.chmi.cz)**

Několikanásobné překračování cílové hodnoty benzo[a]pyrenu v PM<sub>10</sub>, představuje největší zdravotní riziko spojené se znečištěným ovzduším přeshraniční oblasti Slezska a Moravy. Významným faktorem ovlivňujícím imisní koncentrace benzo[a]pyrenu je kromě průmyslové výroby rovněž vytápění domácností. (Blažek, 2013)

Řada měst a obcí byla vyhodnocena, stejně jako v předchozích letech, jako území s překročeným imisním limitem (obr. č. 3). V roce 2014 byl imisní limit (1 ng/m<sup>3</sup>) překročen na 10,7 % plochy území ČR (v roce 2013 na 17,4 % plochy území ČR). Procento obyvatel, které bylo v roce 2014 vystaveno nadlimitní koncentraci benzo[a]pyrenu, je odhadováno na 51,1 % (v roce 2013 přibližně 54,5 %). (www.chmi.cz)

## 2.1 Geologie a Geomorfologie

Třinec i s jeho připojenými obcemi patří dle klasifikace J. Demka (2006) do provincie Západních Karpat v soustavě Vnější západní Karpaty (tabulka č. 2). V rámci geomorfologického podcelku Třinecké brázdy, jehož délka je 25 kilometrů, jsou vymezeny dva geomorfologické okrsky, Frýdecká pahorkatina a Ropická plošina do které město spadá.

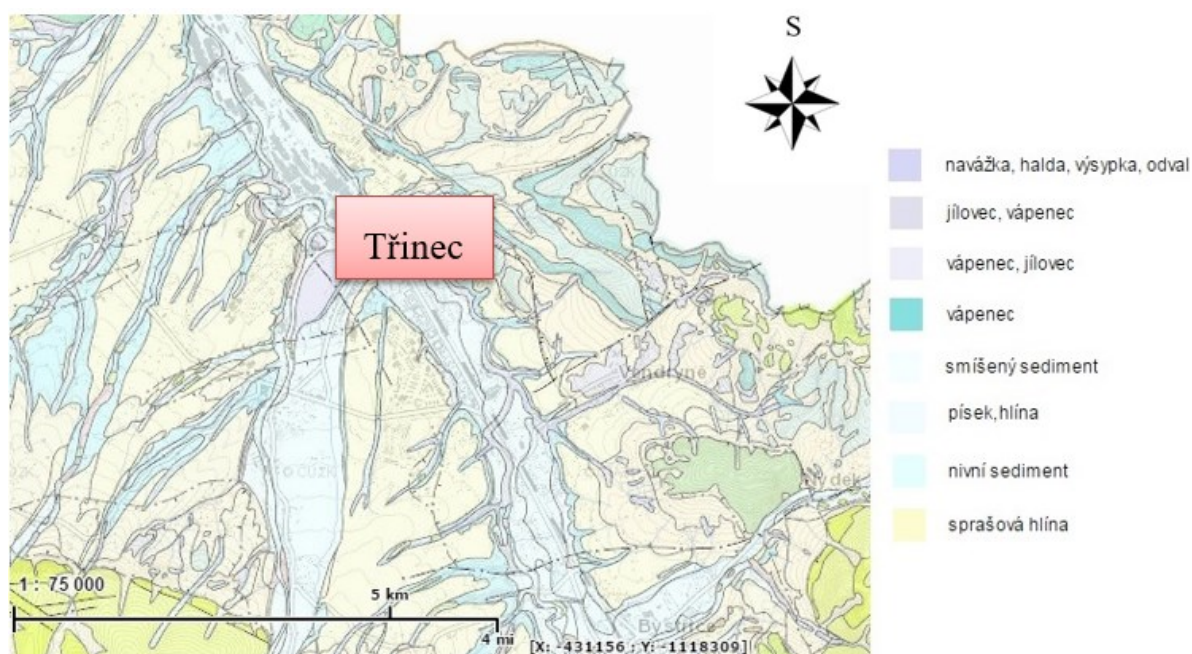
Ropická plošina je úpatní plošina ležící ve východní části Třinecké brázdy. Podloží tvoří křídové a paleogenní flyšové horniny slezské a podslezské jednotky vnější skupiny příkrovů, které jsou mocně překryty kvartérními sedimenty. V rámci slezské jednotky místy vystupují horniny spodních těšínských vrstev s těšínskými vápenci a horniny těšínsko–

hradišťského souvrství godulského vývoje. Podloží je proniknuto četnými výchozy hornin vulkanické těšinitové asociace (těšinit, pikrit, diabas).

<b>Provincie</b>	Západní Karpaty
<b>Soustava</b>	Vnější západní Karpaty
<b>Podsoustava</b>	Západobeskydské podhůří
<b>Celek</b>	Podbeskydská pahorkatina
<b>Podcelek</b>	Třinecká brázda
<b>Okrsek</b>	Ropická plošina

Tabulka 2: Geomorfologické jednotky (DEMEK, 2006)

V rámci podslezské jednotky se uplatňují horniny frýdeckého a frýdlantského souvrství (dříve podmenilitové s.). Jako celek jsou tyto horniny mocně překryty kvartérními sedimenty. Významně rozšířeny jsou překryvy sprašových hlín, písčitohlinité a hlinitokamenité (podsvahové) deluviální sedimenty, písčité i štěrkovité proluviální sedimenty a písčito-štěrkovité fluviální sedimenty říčních koryt i vyššího údolního terasového stupně. Údolní dna Olše a jejich přítoků vyplňují nivní hlíny.



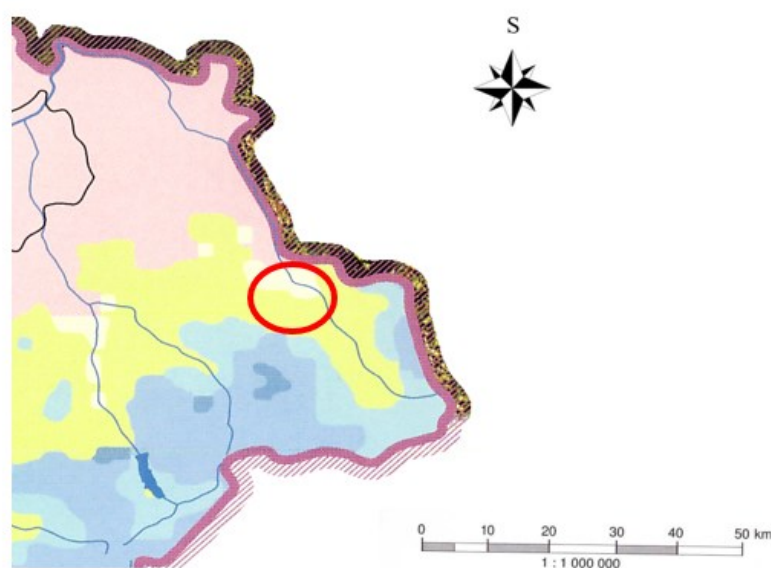
Obrázek 4: Geologická mapa Třince (mapy.geology.cz)



Akumulační reliéf Ropické plošiny je vytvořen překryvy sprašových hlín a spojených náplavových kuželů levých poboček Olše. Při úpatí Lysohorské hornatiny se nachází úpatní haldy. V oblasti jsou roztroušeny stopy po zásahu kontinentálního zalednění. ([www.moravske-karpaty.cz](http://www.moravske-karpaty.cz)) Na obrázku č. 4 je zobrazena geologická mapa Třince a jeho blízkého okolí.

## 2.2 Klimatické podmínky

Podnebí Beskyd ovlivňuje jejich poloha v centrální části Evropy. Střetávají se zde vlivy oceánického a kontinentálního klimatu. Oceánické vzdušné masy přinášejí počasí s mírnou zimou, chladnějším létem, velkou oblačností a velkým množstvím srážek. Kontinentální vzduch je charakteristický denními i ročními výkyvy teplot, menším množstvím srážek a oblačností. Velký vliv na klima má i členitost reliéfu. Se stoupající nadmořskou výškou klesá teplota i atmosférický tlak a jsou ovlivňovány i další klimatické faktory. Oblast Beskyd podle klimatického členění České republiky patří do kategorie oblastí chladných. ([www.ochranaprirody.cz](http://www.ochranaprirody.cz))



Obrázek 5: Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace (Tolasz, 2007)

Podle Quittovy klasifikace obsažené v Atlasu Podnebí Česka (Tolasz, 2007) se oblast Třinecka nachází na rozmezí dvou klimatických oblastí, jak je patrné z obrázku č. 5. Jedná se o mírně teplé oblasti MW7 a MW8, jejich podrobnější charakteristiky je možno nalézt v tabulce č. 3.



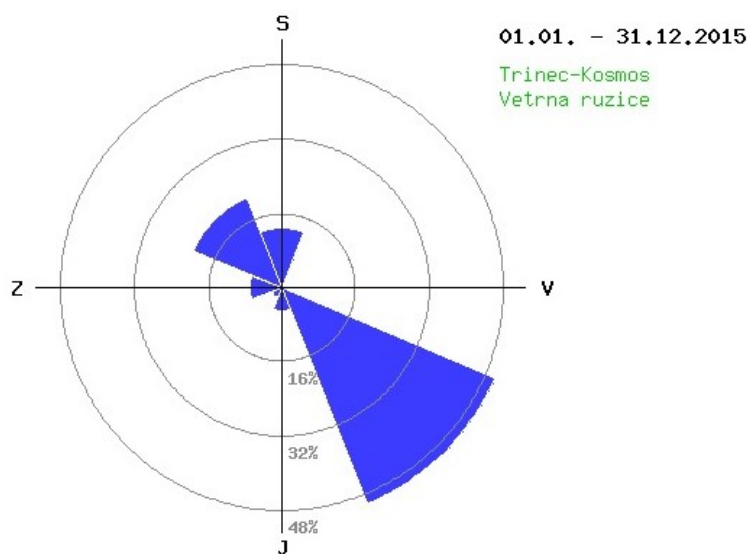
	<b>MW7</b>	<b>MW8</b>
<b>Počet letních dnů</b>	30-40	40-50
<b>Počet dnů s průměr. tepl. 10 °C a více</b>	140-160	140-160
<b>Počet mrazových dnů</b>	110-130	130-140
<b>Počet ledových dnů</b>	40-50	40-50
<b>Prům. teplota v lednu (°C)</b>	-2 až -3	-4 až -5
<b>Prům. teplota v červenci (°C)</b>	16-17	17-18
<b>Prům. teplota v dubnu (°C)</b>	6-7	7-8
<b>Prům. teplota v říjnu (°C)</b>	7-8	7-8
<b>Prům. poč. dnů se srážkami 1mm a více</b>	100-120	100-120
<b>Srážkový úhrn ve veget. období v mm</b>	400-450	400-450
<b>Srážkový úhrn v zimním období v mm</b>	250-300	250-300
<b>Počet dnů se sněhovou pokrývkou</b>	60-80	60-80
<b>Počet dnů zamračených</b>	120-150	120-150
<b>Počet dnů jasných</b>	40-50	40-50

Tabulka 3: Charakteristika klimatických oblastí MW7 a MW8 (Tolasz; 2007)

Zájmové území patří do dvou klimatických oblastí. Území nižších poloh, především Podbeskydské pahorkatiny a Jablunkovské brázdy, náleží do oblasti mírně teplé, charakterizované mírným létem, krátkým přechodným obdobím a středně dlouhou, mírnou a suchou zimou. Průměrné teploty vzduchu v červenci 16-17 °C, v lednu -2 až -4 °C. Vyšší polohy se nacházejí v klimatické oblasti chladné. Léto je velmi krátké, chladné až mírně chladné s průměrnými červencovými teplotami vzduchu 12-15 °C, dlouhé přechodné období, zima je dlouhá, chladná s průměrnou lednovou teplotou -3 až -7 °C. Nejnižší teploty vzduchu v roce má Lysá hora, průměrně 2,6 °C, nejnižší položené oblasti mají průměr okolo 7 °C. Beskydy patří k srážkově nejbohatším lokalitám na území celé České republiky. Nejvíce srážek za rok spadne na nejvyšším vrcholu Beskyd - Lysé hoře (1323 m n. m.), s průměrem 1391 mm za rok. Nejvíce srážek spadne v červnu až srpnu, nejméně v únoru a březnu. ([www.risy.cz](http://www.risy.cz))

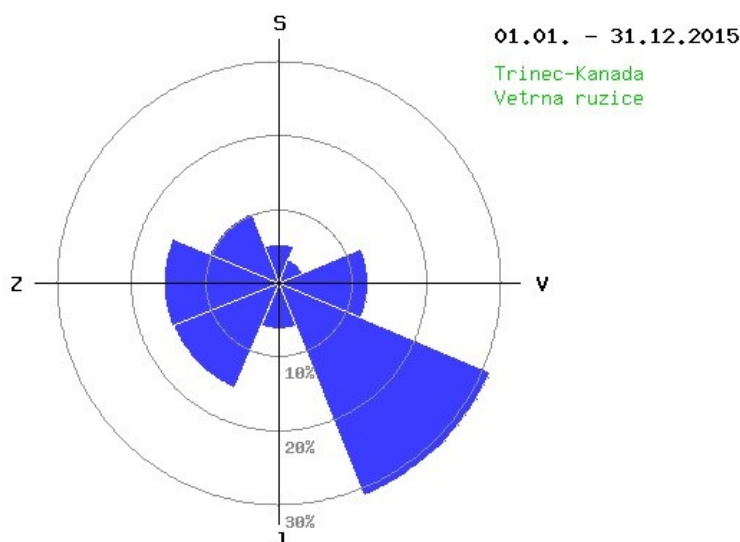
Vítr je činitelem, přinášejícím změny počasí. Větry západního a severozápadního směru přinášejí vždy vlhký, v zimě teplý a v létě chladný vzduch. Větry východní a jihovýchodní naopak vzduch suchý, v létě teplý, v zimě až mrazivý. Ve výškách a volné atmosféře v oblasti mírně převládá vítr západní. V přízemních vrstvách je však směr větru ovlivňován morfologií terénu. Soustava pohoří působí nejen jako mohutná překážka vzdušných profilů, ale průběh a směr horských pásem významně ovlivňuje lokální proudění.

V Moravskoslezských Beskydech se tak zvyšuje podíl větrů vanoucích ve směrech sever – jih. (www.beskydy.cz)



**Obrázek 6: Hodnoty větrné růžice na měřicí stanici Třinec-Kosmos za rok 2015 (www.chmi.cz)**

Obrázek č. 6 zachycuje větrnou růžici za rok 2015, která byla pořízena na měřicí stanici Třinec-Kosmos, z obrázku je patrné, že po většinu roku převládá jihovýchodní směr proudění větru s občasným severozápadním prouděním.



**Obrázek 7: Hodnoty větrné růžice na měřicí stanici Třinec-Kanada za rok 2015 (www.chmi.cz)**

Obrázek č. 7 pochází ze stanice Třinec-Kanada, která je vzdálená od stanice Třinec-Kosmos 2,5 km vzdušnou čarou, na této stanici opět převládá jihovýchodní směr proudění větru, avšak vyskytuje se zde i v nemalé míře proudění jihozápadním směrem.

Průměrná roční teplota vzduchu se na stanicích v Ostravské Pánvi pohybuje za období 1961-2010 v intervalu od 8,3 °C (Lučina) do 8,8 °C (Ostrava-Poruba). Na všech stanicích tato teplota ukazuje rostoucí trend v průměru 0,3 °C za 10 let. Od roku 1961 došlo ke zvýšení průměrné roční teploty na jednotlivých stanicích o 1,6 °C za uvedené 53leté období 1961-2013, což odpovídá modelovým odhadům ve druhé polovině 20. století ve střední Evropě. (Tolasz, 2015) Z toho vyplývá, že se zimy stávají teplejšími, ale oteplování není tak razantní jak se předpokládalo.

## 2.3 Průmyslové zdroje

### Třinecké železářny

Město Třinec je významným průmyslovým místem v České republice. To se však znatelně odráží na kvalitě a čistotě ovzduší v této oblasti. Největší vliv na kvalitu ovzduší v této lokalitě budou mít jistě průmyslové zdroje, a to přesněji Třinecké železářny a.s., které tvoří průmyslový ráz krajiny již z dob 18. století. Třinecké železářny zaujímají více než 1/3 rozlohy města a dají se přirovnat k honosnému ocelovému městu v kulturním městě. To, že jsou železářny téměř městem, už utvrzuje i fakt, že zaměstnávají téměř 6000 pracovníků, kteří pracují na různých provozech a v různých dceřiných a přidružených společnostech, mezi které patří zejména Energetika Třinec, a.s., D5 Třinec, a.s., TŽ - strojírenská výroba, a.s., Slévárny Třinec, a.s., Refrasil, s.r.o. Třinec, Třinecká projekce, a.s..



Obrázek 8: Třinecké železářny z ptačí perspektivy ([www.trz.cz](http://www.trz.cz))

V minulém roce došlo v Třineckých železárnách k výraznému snížení emisí tuhých látek, a to na hodnotu 670 tun za rok. V roce 2010 přitom výše emisí těchto látek dosahovala hodnoty 902 tun za rok. Za dosažením tohoto historického minima stojí především realizace opatření zavedených na několika rozhodujících zdrojích emisí v provozu Výroba železa a oceli. Realizace dalších projektů představuje opětovně a především významné roční snížení množství emitovaného prachu ze zdrojů Třineckých železáren, a to konkrétně ze stávajících přibližně 700 tun za rok o více než 200 tun. ([www.ostrava-online.cz](http://www.ostrava-online.cz)) V současné době emise tuhých znečišťujících látek z Třineckých železáren klesly na historické minimum, a to na 310 t/prachu/rok ([www.allforpower.cz](http://www.allforpower.cz)). Od 8. 3. 2016 však platí nový emisní limit pro TZL a to 5 mg/m<sup>3</sup>. ([www.iszp.kr-moravskoslezsky.cz](http://www.iszp.kr-moravskoslezsky.cz))

Pro identifikaci zdroje znečištění byly v rámci řešení projektu SFZP odebrány vzorky emisí z tkaninových filtrů z odprašování z aglomerace č. 1 a č. 2, které byly na Institutu geologického inženýrství analyzovány metodou RTG-difrakce. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4. Z výsledků je zřejmé, že významnou částí emisí jsou chloridy (NaCl a KCl), které tvoří 40–50 % emitovaných tuhých znečišťujících látek. Významné jsou také oxidy železa (magnetit a hematit), které tvoří až 40 % tuhých znečišťujících látek. Nejvýznamnější fáze s obsahem těžkých kovů jsou Pb-fáze (laurionit, laurelit a penfieldit), chloridy a hydroxochloridy olova. Z uvedených výsledků je tedy zřejmé, že zvýšené obsahy Fe a Pb v imisích budou indikovat vliv metalurgického průmyslu.

		Odprašky – aglomerace I.	Odprašky – aglomerace II.
<b>Sylvit</b>	KCl	26,33	27,28
<b>Halit</b>	NaCl	11,54	20,89
<b>Portlandit</b>	Ca(OH) <sub>2</sub>	1,64	34,51
<b>Magnetit</b>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	19,66	
<b>Hematit</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,07	
<b>Laurionite</b>	PbCl(OH)	1,65	
<b>Laurelite</b>	Pb <sub>7</sub> F <sub>12</sub> Cl <sub>2</sub>	0,98	
<b>Penfieldite</b>	Pb <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> (OH)	1,35	
<b>C2A gehlenite</b>	Ca <sub>2</sub> Al (Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	13,76	
<b>Kalcit</b>	CaCO <sub>3</sub>		7,57
<b>Magnesit</b>	MgCO <sub>3</sub>		
<b>CaOHCl</b>			5,34
<b>Periclas</b>	MgO		4,4

Tabulka 4: Výsledky mineralogického rozboru metodou RTG-difrakce (%)

V tabulce č. 5 je uvedeno chemické složení tuhých znečišťujících látek z aglomerace 1, které potvrzuje vysoký obsah chloridů a Pb (1.8 %), As (0.1%) a Cu (0.2%).

Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Cd	Sn	Sb	Pb	Bi
(mg/kg)												
ND	ND	ND	1924	208	1018	25	13	ND	36	ND	17959	1

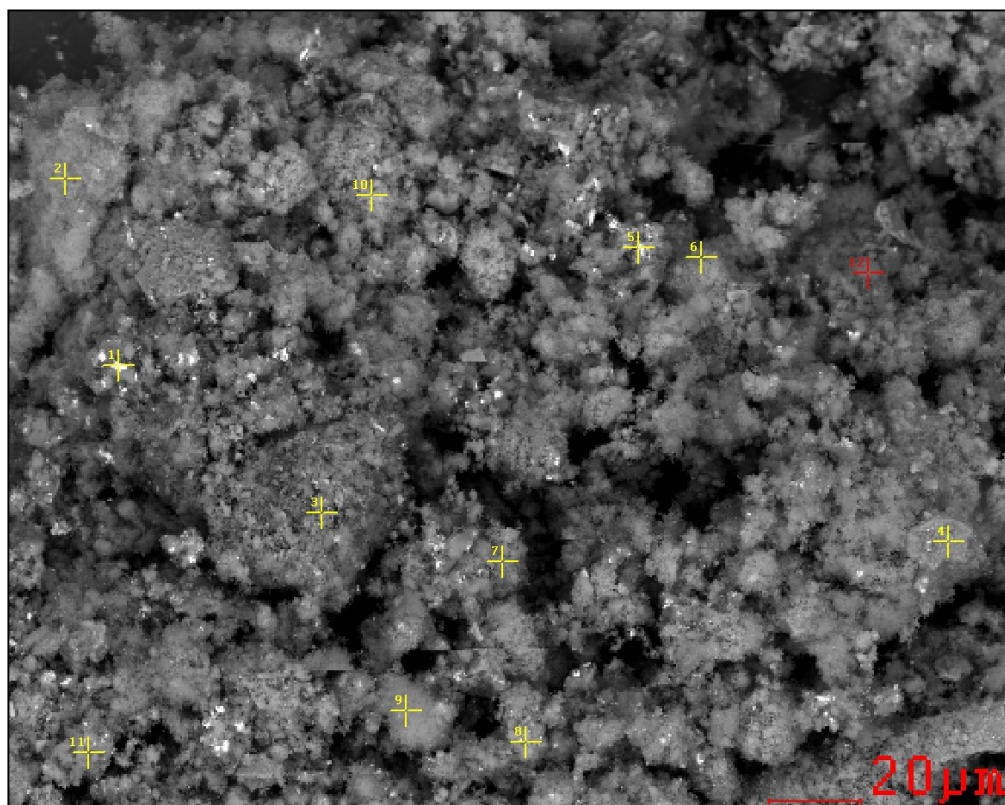
Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe
(%)										
ND	0,09	0,37	0,08	1,02	50,99	8,12	1,37	ND	0,15	15,47

Vysvětlivky: ND – pod mezí stanovitelnosti metody

žlutá – vyznačení míst s nejvyšší koncentrací

**Tabulka 5:** Výsledky chemického složení tuhých znečišťujících látek z aglomerace 1.

Vzorek tuhých znečišťujících látek byl také analyzován pomocí skenovacího elektronového mikroskopu s analyzátozem EDX a WDX (laboratoře Centra čistých technologií). Analyzované částice jsou vyznačeny na obrázku č 9.



**Obrázek 9:** Dokumentace charakteru analyzovaných částic (SEM, FEI, Quanta)



Označení analyzovaného zrna											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
<b>C</b>	2,62				2,31	1,44				1,33	5,3
<b>O</b>	4,77		19,05	3,7	4,83	9,64	6,66			1,83	18,45
<b>Na</b>	6,7	4,85	3,45	7,48	10,4	8,49	12,5	7,92	7,29	7,65	6,93
<b>Al</b>	6,14	12,25	5,79	5,87	7,11	11,06	4,68	4	5,75	6,35	12,96
<b>Pb</b>	39,77	10,39		11,05	11,84	6,47	7,7	7,17	8,07	10,11	4,76
<b>Cl</b>	22,4	43,28	6,19	39,26	26,76	12,26	39,24	47,85	40,65	41,15	20,39
<b>K</b>	11,08	20,91	3,29	19,91	12,09	6,34	20,58	24,65	20,27	22,91	8,76
<b>Ca</b>	1,42		3,48		1,83		2,33		1,98	1,07	16,1
<b>Mg</b>				0,98	0,5					0,17	1,37
<b>Fe</b>	3,51	5,14	54,01	9,27	20,42	42,72	6,31	5,04	10,52	5,63	3,61
<b>Cu</b>	1,59	2,44		1,92	1,36	1,29		2,79	5,46	1,26	1,03
<b>Si</b>			4,27								
<b>S</b>			0,47	0,55	0,54	0,29		0,58		0,53	0,33

Tabulka 6: Výsledky bodové analýzy částic (hm. %)

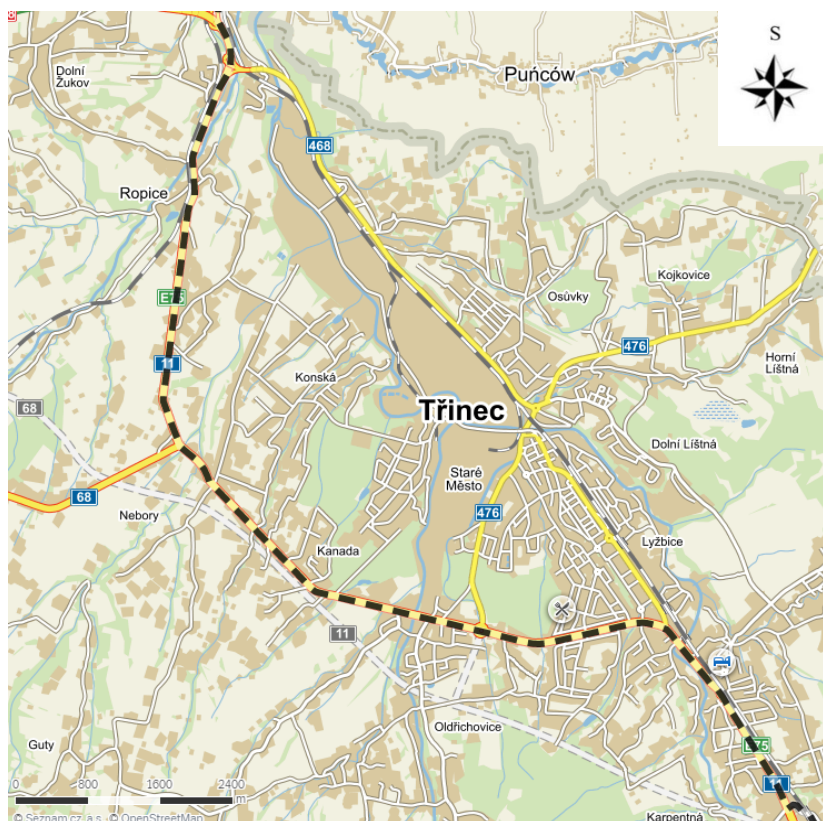
Stejně jako předchozí výsledky z RTG-difrakce jsou v tabulce č. 6 potvrzeny částice s vysokým obsahem Pb v rozmezí 7-40 %. Z výsledků vyplývá, že hlavním indikačním prvkem pro metalurgický průmysl je Pb, As a Cu.

### Další zdroje znečištění

V Moravskoslezském kraji dochází k největším emisím tuhých znečišťujících látek (TZL) a CO. To je způsobeno tím, že je zde rozvinutý především metalurgický průmysl, což má za následek nadlimitní koncentrace suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>. Kromě Třineckých železáren zde lze najít velké firmy zabývající se výrobou a následným zpracováním oceli. Mezi další významné společnosti tak zde lze zařadit např. Moravia Steel, ArcelorMittal Ostrava, a.s. nebo koksovny OKK Koksovny, a.s., ze strojírenského průmyslu jsou to zejména Vítkovice Machinery Group a energetika je zastoupena společností Veolia Energie ČR, a.s. Elektrárna Dětmárovice, ČEZ. Kromě dopravy a lokálních zdrojů k imisnímu zatížení přispívá rovněž regionální přenos ze silně industrializované oblasti Hornoslezské pánve v Polsku. (Kucbel et al., 2015)

## 2.4 Doprava

Každý den musejí občané přilehlých obcí města Třince snášet hluk a zplodiny z téměř třiceti tisíc aut, pětina z nich je navíc tvořena kamiony. Už za pár let, přesněji v roce 2018 se ale lidé, kteří bydlí u frekventované silnice I/11, dočkají vytoužené úlevy. Dne 5. 8. 2014 totiž začala výstavba obchvatu Třince. ([www.moravskoslezsky.denik.cz](http://www.moravskoslezsky.denik.cz))



Obrázek 10: Nejvytíženější silnice I/11 v Třinci ([www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

Stávající silnice I/11 prochází zastavěným územím okrajové části Třince, obcemi Oldřichovice, Lyžbice a Vendryně, severně od CHKO Beskydy. Z hlediska dopravní funkce je komunikace využívána kromě tranzitní dopravy k přímé obsluze přilehlého území. Křižení s ostatními silnicemi i místními komunikacemi jsou úrovně, na celém úseku jsou četné sjezdy na přilehlé pozemky a vjezdy do jednotlivých objektů.

Nutnost výstavby nové silnice I/11 vyplývá i z nevyhovujících parametrů stávajícího směrového a výškového řešení a šířkového uspořádání. Všechny nepříznivé faktory ovlivňují jednak život lidí v dotčených obcích a zároveň se negativně promítají v čase stráveném neplynulou jízdou a ve spotřebě pohonných hmot, to má zároveň za následek

zhoršující se životní prostředí a přispívá tak především k imisní zátěži oblasti. Komunikace I/11 v úseku Český Těšín - Mosty u Jablunkova je jediným úsekem E75 na českém území. Zároveň je jedinou komunikací ve vztahu k Jablunkovskému průsmyku z české strany a jedinou komunikací, po které lze obsloužit Třinecké železářny, a.s. Význam silnice I/11 je v současné době znásoben v souvislosti se zprovozněním automobilky Hyundai Motors Company v MSK (lokalita Nošovice) a požadavkem na kapacitní propojení s automobilkou KIA Motors na Slovensku.



Obrázek 11: Obchvat města Třinec ([www.msksilnice11rsd.cz](http://www.msksilnice11rsd.cz))

Účelnost stavby tak spočívá zejména v převedení dopravy ze stávající nevyhovující silnice s nevyhovujícími technickými parametry na novou čtyřproudovou kapacitní komunikaci. Tím dojde ke zvýšení plynulosti a bezpečnosti dopravy. Plynulost dopravy bude mít příznivý dopad na životní prostředí s ohledem na zatížení okolí hlukem a exhalacemi. ([www.msksilnice11rsd.cz](http://www.msksilnice11rsd.cz))



## 2.5 Lokální zdroje vytápění

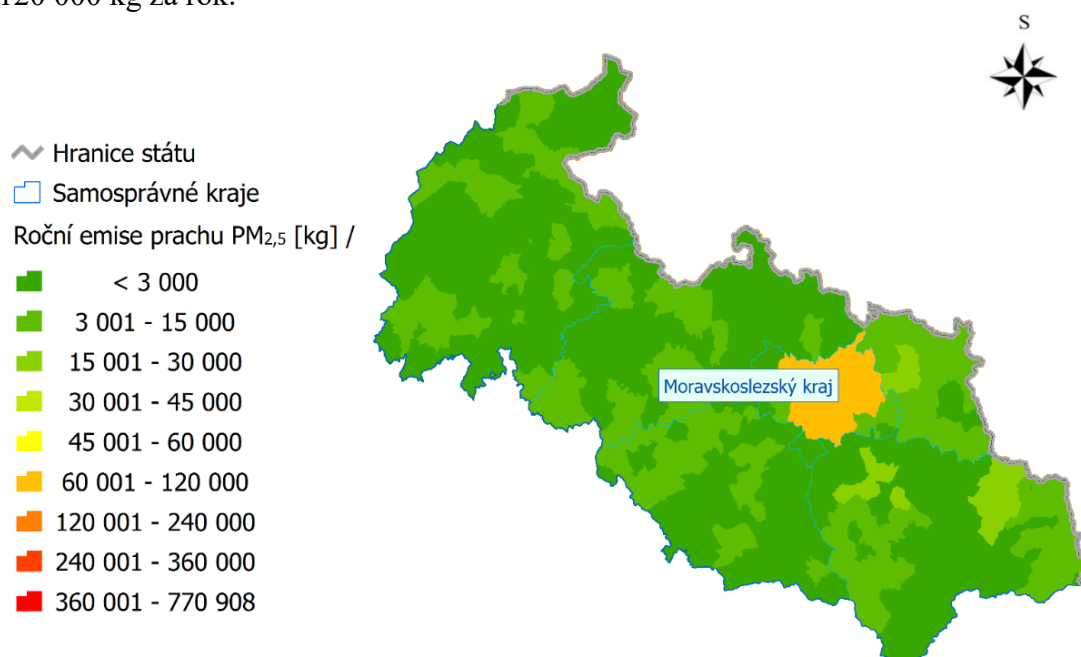
Lokální topeniště jsou na území kraje hustě rozmístěna na relativně malé ploše, jejich emise jsou proto velmi významné, i proto, že jsou vypouštěny přímo do dýchací zóny obyvatel. Podle Českého statistického úřadu dle výsledků sčítání lidí, domů, bytů z roku 2011, bylo provozováno v domácnostech Moravskoslezského kraje téměř 55 000 kotlů na tuhá paliva (uhlí, koks, uhelné brikety nebo dřevo). Topeniště umístěná zejména v rodinných domcích jsou v převážné míře zastaralá, navíc mnohdy využívající jako palivo materiály patřící do separovaného sběru a komunálních odpadových nádob. Zejména ve venkovských oblastech s absencí vlivu průmyslu jsou lokální topeniště stěžejním zdrojem emisí, výjimkou nejsou ani oblasti, kde se podílí na znečištění ovzduší 70-80 %. Vnos znečišťujících látek do dýchací zóny obyvatel, tj. „přímo pod nos“, má výrazný negativní dopad na zdraví obyvatel. ([www.lokalni-topeniste.kr-moravskoslezsky.cz](http://www.lokalni-topeniste.kr-moravskoslezsky.cz))



Obrázek 12: Lokální topeniště

Ze závěrečné zprávy č. 90/10 o řešení projektu SP/1a2/116/07 (VŠB- TU Ostrava, Výzkumné energetické centrum, 2010) za léta 2007 až 2010 vyplývá, že roční produkce tuhých znečišťujících látek (TZL) u prohřívacích kotlů byla experimentálně zjištěna ve výši 59 kg na rok a dům u černého uhlí a 249 kg na rok a dům u hnědého uhlí. Naopak emise TZL u automatických kotlů byly experimentálně zjištěny u černého uhlí ve výši 12 kg na rok a dům a u hnědého uhlí 6 kg na rok a dům. Roční úspora emisí TZL při výměně starého prohřívacího kotle na tuhá paliva za moderní automatický kotel na uhlí představuje u černého uhlí 47 kg/rok a u hnědého uhlí až 243 kg/rok.

Z obrázku č. 13 vyplývá roční přehled emisí prachových částic  $PM_{2,5}$ . Je patrné, že největší producent emisí je město Ostrava, kde se hodnoty částic  $PM_{2,5}$  pohybují od 60 000 do 120 000 kg za rok.

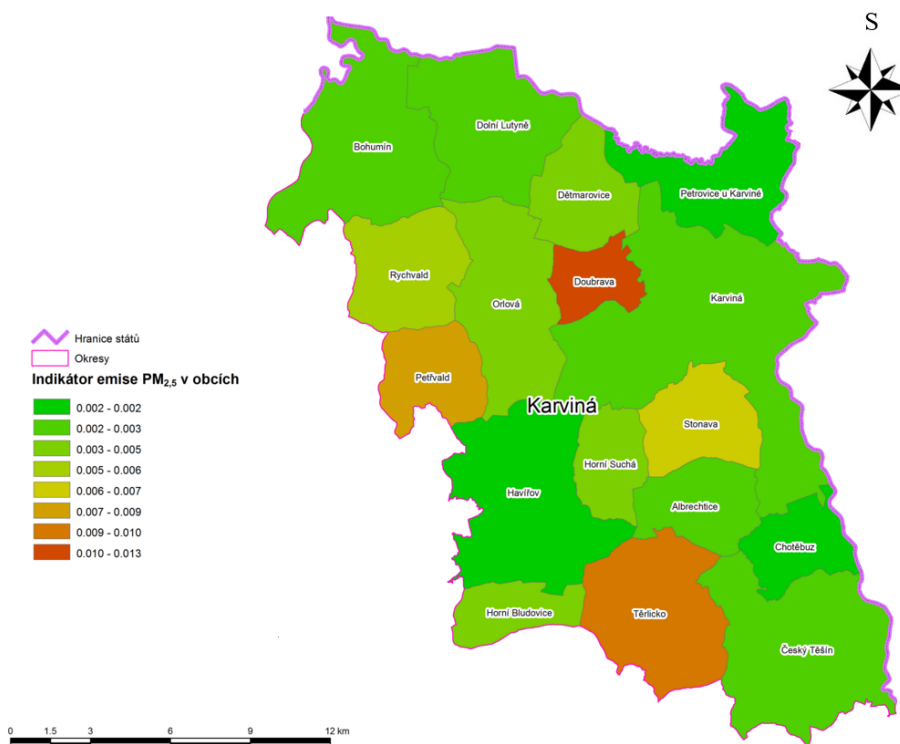


**Obrázek 13: Roční emise prachových částic  $PM_{2,5}$  v Moravskoslezském kraji**

Kotlíkové dotace jsou ale i pro tento rok opět vyčerpány. Počet přijatých žádostí k 16. 3. 2016 je 4 539 ks v částce 594.266.564,10 Kč. K dispozici je pouze 490 miliónů korun, tato částka je k přerozdělení pro více než 200 obcí z celého Moravskoslezského kraje. Vedení kraje proto v současné době jedná s MŽP a SFŽP o navýšení alokace. Zájemci tak mohou dál podávat žádosti o kotlíkové dotace až do 29. 4. 2016. ([www.lokalni-topeniste.kr-moravskoslezsky.cz](http://www.lokalni-topeniste.kr-moravskoslezsky.cz))

Podle odhadů ministerstva životního prostředí bude potřeba do roku 2022 vyměnit v ČR většinu, tedy asi 360 tisíc zastaralých kotlů. Pak už nebude možné topit ve starých neekologických kotlích. Stát již nyní připravuje nový zákon o ochraně ovzduší, který by měl umožnit obecním úřadům, aby mohly zkontrolovat domácnosti, čím v kamnech topí, pokud budou škodit životnímu prostředí. Dnes již není přípustné, aby lidé svým jednáním a volbou špatného paliva pro topení škodili druhým. Když se zahajoval v roce 1991 v ČR program Teplice, studie došly k závěru, že lokální topeniště jsou největším faktorem znečištění. Přijal se program plynofikace, na který stát přispěl 6,3 miliardy korun. Ovzduší se u nás velmi

výrazně zlepšilo. Jistě k tomu pomohlo i odsiřování elektráren, ale místní topeniště měla rozhodující vliv. (vytapeni.tzbinfo.cz)



**Obrázek 14: Indikátor částic PM<sub>2,5</sub> na plochu zástavby v okrese Karviná**

Obrázek č. 14 ukazuje indikátor částic PM<sub>2,5</sub> na plochu zástavby v okrese Karviná. Je zde patrné, že k největšímu zatížení došlo v obcích Doubrava a Těrlicko, kde bylo zatížení maximální, a dále v obcích Petřvald, Stonava a Rychvald, kde došlo k překročení oproti ostatním obcím. K zatížení částicemi PM<sub>10</sub> došlo ve stejných obcích jako u PM<sub>2,5</sub>.

Studie ukazují, že emise celkového prachu z malých zdrojů (TZL – tuhé znečišťující látky, nebo v zahraniční literatuře označován jako TSP – total suspended particles) jsou dominantně tvořeny jemnými částicemi. Pokud se jedná o emise prachu a jejich původ, lze tvrdit, že prach ve spalínách pochází ze dvou zdrojů: z popeloviny – anorganické nespalitelné části paliva (u dřeva tato část představuje přibližně hodnotu do 1 % hmotnosti a u uhlí cca 5–20 %) a z produktů nedokonalého spalování – saze, zkondenzované organické látky (uhlovodíky, dehty). Z výsledků měření vyplývá, že při špatně provozovaném spalovacím zařízení zastaralého typu může prach z nedokonalého spalování tvořit až 90 % z celkových emisí prachových částic. U správně provozovaného moderního spalovacího zařízení je prach převážně tvořen částicemi popeloviny, takže emise prachu jsou výrazně nižší. (www.vytapeni.tzb-info.cz)

### 3 Metodika odběrů vzorků a analýz

Na obrázku č. 15 je zachycena měřicí stanice Ostrava-Poruba, která se nachází v areálu mateřské školy poblíž VŠB-TUO, kterou provozuje Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě. Všechny vzorky byly odebírány na měřicích stanicích podobného typu v různých lokalitách Moravskoslezského kraje.



Obrázek 15: Měřicí stanice Ostrava-Poruba

#### 3.1 Těžké kovy v PM<sub>10</sub>

Odběry vzorků pro stanovení těžkých kovů zajistil Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě (ZUOVA) odběrem vzorku na teflonový filtr. Minimální průtok vzdušiny byl 25 m<sup>3</sup>. Odběr probíhal podle ČSN EN 14902 „Odběr vzorků pro stanovení Pb, Cd, As a Ni ve frakci PM<sub>10</sub> aerosolových částic metodou ICP MS“. Odebrané vzorky byly k analýze předány v Petriho miskách, analýza probíhala v laboratořích České geologické služby v Praze, metodou ICP po mikrovlnném rozkladu.

### 3.2 Polyaromatické uhlovodíky v PM<sub>10</sub>

Odběry vzorků pro stanovení PAU zajistil Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě (ZUOVA) jako min. 24-hodinový odběr, průtok i médium bylo zvoleno podle koncové analýzy. Odebrané vzorky byly zabaleny v alobalu a předány. Vzorky byly odebírány na křemenný filtr + trubičky PUF (polyuretanové pěna) minimální odběr vzdušiny byl stanoven na 400 m<sup>3</sup>. Odběr vzorků byl proveden podle ČSN EN 15549 „Odběr vzorků pro stanovení benzo[*a*]pyrenu metodou GC-MS“. Analýza PAU byla provedena metodou izotopového zředňování HRGC-HRMS podle US EPA 429 a ISO 11338 v laboratořích ALS Czech Republic. Výsledky chemický rozborů jsou k dispozici u Bc. M. Raszky, který dále používá pro účely diplomové práce přepočtené koncentrace nebo poměry analytů.

### 3.3 Elementární a organický uhlík

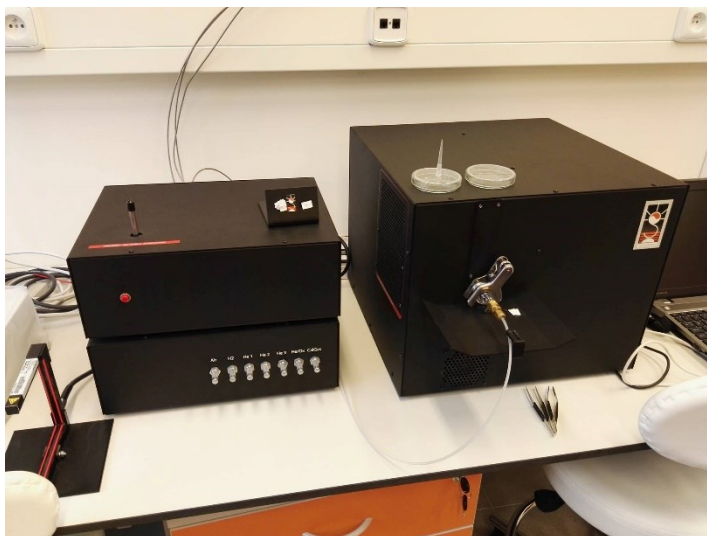
Organický uhlík (OC) byl stanoven metodou termicko-optické analýzy (TOA-Thermal Optical Analysis), kterou lze rozlišit dvě hlavní formy uhlíkatých aerosolů, konkrétně elementární uhlík (EC), a OC a v neposlední řadě také uhličitánový uhlík (CC) pokud je přítomen. Z důvodu použitých filtrů ze skelných mikrovláken (empiricky zjištěno, že odolávají pouze teplotám 600 °C) nebylo možno provést analýzu elementárního uhlíku (EC), z těchto důvodů byl stanovován pouze organický uhlík (OC).

Z jednotlivých filtrů o průměru 47 mm (exponovaná plocha 41 mm) byla nejdříve, pomocí speciálního zařízení, vyražena část vzorku o velikosti plochy 1,5 cm<sup>2</sup>. Organický uhlík byl stanoven termicko-optickou metodou na analyzátoru OC/EC firmy Sunset Laboratory. Pro detekci OC byla použita modifikovaná metoda teplotního programu EUSAAR 2 s úpravou termicko-optické transmitance (TOT). (Cavalli et al., 2010)

V první fázi je OC odpařován ze vzorku, a to pouze v heliové atmosféře, v modifikované verzi byla maximální teplota 600°C. Během této první fáze jsou běžně některé organické sloučeniny převedeny na pyrolytický EC (až 30 % z organických frakcí může být pyrolyticky převedeno na EC). Tato pyrolytická konverze je průběžně sledována měřením TOT přenosu laseru (660 nm) přes filtr. V druhé fázi došlo k mírnému ochlazení a heliová atmosféra byla nahrazena směsí 98 % He a 2 % kyslíku, při které se stanovuje EC. V této fázi byla rovněž použita maximální teplota 600 °C, proto nemohla být přesně

stanovena hodnota EC, z těchto důvodů je hodnota EC nesměrodatná a nebylo s ní nikterak počítáno. (Sunset Laboratory, 2005)

Před každou analýzou byla nejdříve provedena kontrola kvality (standardizace) přístroje. V prvním kroku byl v analyzátoru vypálen čistý filtr, na který se následně aplikoval roztok sacharózy o známé koncentraci OC ( $4,2106 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ ). Po aplikaci  $10 \mu\text{l}$  sacharózy byla průměrná odezva přístroje na OC  $41,92 \pm 2,05 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Pro odečtení pozad'ové hodnoty OC na filtru bylo v přístroji provedeno měření ( $n=6$ ) na čistém filtru s průměrnou hodnotou  $8,59 \pm 0,38 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , tato hodnota byla poté odečtena od naměřené koncentrace OC.



Obrázek 16: Analyzátor OC/EC

Na obrázku č. 16 je dokumentován analyzátor OC/EC firmy Sunset Laboratory, na kterém byly naměřeny hodnoty OC. Analyzátor se nachází v laboratoři ENET, VŠB-TUO Ostrava.

### 3.4 Black carbon

Black carbon zjednodušeně chápeme jako nespalitelné uhlíkaté zbytky vzniklé při nedokonalém spalování biomasy a fosilních paliv (Limon–Sanchez et al, 2011). Black carbon byl měřen na vybraných lokalitách on-line Aethalometrem. Je to automatický přístroj, který v reálném čase na základě optického útlumu měří koncentraci aerosolových částic BC v proudu vzduchu (Park et al., 2010; Wallace, 2005). Vzorek vzduchu je nasáván přes přívodní trubici pomocí čerpadla s nastavitelným průtokem (Tripathi et al., 2005). Průtok vzorku je řízen vnitřním hmotnostním průtokoměrem. Optimální rychlost průtoku je od 2 do 6 standardních litrů za minutu. Aethalometr získává data ze sedmi kanálů v rozmezí



vlnových délek 370, 470, 520, 590, 660, 880 a 950 nm (Liu, 2014). Zdroj o vlnové délce 880 nm (infračervené záření) je využit pro určení kvantitativní hodnoty hmotnosti BC a 370 nm (UV záření) pro měření aromatických organických sloučenin, ostatní vlnové délky slouží k studiu optické absorpce aerosolu, atmosférické optiky a radiačního přenosu. Rozsah koncentrací BC, které mohou být přístrojem detekované, je 0 až 10 000 ng/m<sup>3</sup> (www.mageesci.com, 2010; Hansen, 2005; Reche, 2011).

#### 4. Geochemie těžkých kovů v PM<sub>10</sub>

Následující kapitola vychází z bakalářské práce M. Raszky, a tak byly některé kapitoly těžkých kovů převzaty a doplněny. Grafy byly vytvořeny z dat získaných v rámci řešení projektu.

Údaje v tabulce č. 7 pochází z těchto literárních zdrojů: Bellato A.C.S. et al. (2004), Lucarelli F. et al. (2000), Puxbaum h. et al. (2004) a Hueglin Ch. et al. (2005).

Prvek	Buda- pešť	Vídeň	Berlín	Curych	Floren- cie	Madrid	Buenos Aires	Sao Paulo
<b>Pb</b>	30,4	22,1	49	50	53	118	21	39
<b>Fe</b>	2115	181	2048	1611	1520	1930	710	853
<b>Co</b>	0,32	0,11	-	-	-	-	-	-
<b>Ni</b>	2,7	1,6	3	3,6	12	4	2,5	8,2
<b>Cu</b>	37,3	11	74	75	80	112	20,3	15,6
<b>Zn</b>	53,5	35	-	-	60	93	62,6	145
<b>Sb</b>	8,2	-	5,6	8,8	-	-	3,6	-
<b>Tl</b>	0,09	-	0,06	0,03	-	-	-	-
<b>V</b>	3	1,83	1,4	1,6	9	4	-	16,9
<b>Cr</b>	6,89	0,79	-	-	11	-	-	4,2
<b>Mn</b>	26,8	6,7	25	17	19	22	16,6	21,9
<b>Ga</b>	0,29	-	0,1	0,07	-	-	-	-
<b>Rb</b>	1,78	-	0,68	0,61	-	-	-	-
<b>Mo</b>	2,53	-	4,46	5	5	-	0,4	-
<b>Cd</b>	1,15	0,44	0,26	0,26	-	-	-	-

Tabulka 7: Srovnání koncentrace prvků v PM<sub>10</sub> s jinými městy v ng/m<sup>3</sup> (Muranszky et al.; 2011)

V PM<sub>10</sub> se mohou prvky rozdílně koncentrovat v hrubozrnné a jemnozrnné třídě. Prvky, které tvoří půdní částice (Al, Si, K, Ca, Ti, V a Fe), mají vyšší koncentraci

v hrubozrnné třídě ( $2.5\ \mu\text{m} - 10\ \mu\text{m}$ ). Prvky, které mohou být jak přírodního tak antropogenního charakteru (Ti, V, Cr, Mn a Ni), i prvky antropogenního původu (Cu, Zn, As a Pb) se také vyskytují ve vyšší koncentraci v hrubozrnné třídě. V jemnozrnné třídě se vyskytují v podstatně vyšší koncentraci sulfáty. V hrubozrnné frakci jsou koncentrace Fe  $2.43 \pm 6.38$  a v jemnozrnné frakci  $1.126 \pm 1.687\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Balcilar et al; 2013)

Na základě koncentrace můžeme prvky v  $\text{PM}_{10}$  rozdělit do čtyř skupin:

1. Fe ( $1000-4000\ \text{ng}/\text{m}^3$ )
2. Pb, Mn, Zn, Cu, Sn ( $10-60\ \text{ng}/\text{m}^3$ )
3. V, Mo, Cd, Rb, Ni, Sr, Li, Sb, Cr ( $0.5-8\ \text{ng}/\text{m}^3$ )
4. Co, Ga, Bi, Ag, Te, Tl, U, Pt (n.d.– $0.4\ \text{ng}/\text{m}^3$ ) (Muranszky et al.; 2011)

## Železo

Částice bohaté na Fe pochází převážně z výroby železa/oceli a vznikají většinou při vysokoteplotních technologických procesech. Jsou tvořeny především goethitem ( $\text{FeOOH}$ ), hematitem ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) a magnetitem ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Částice s vysokým obsahem K a Fe jsou označovány za částice vznikající při spalování fosilních paliv a biomasy. Fe částice v  $\text{PM}_{10}$  vytváří čtyři chemicky rozdílné skupiny: částice bohaté na Fe (r-Fe), částice bohaté na K, částice s obsahem V, minerální částice (půdní částice, částice uvolněné erozí a dopravou surovin). (Zhang et al., 2014)

Železo představuje prvek s nejvyšší koncentrací. Stopové prvky obvykle reprezentují pouze 5 % z celkového množství v  $\text{PM}_{10}$ . V tomto množství je železo zastoupeno 87 % a 13 % zbývá na ostatní prvky. Fe-bohaté částice obsahují cca 69 % Fe, tvoří přibližně 4 % v  $\text{PM}_{10}$ . (Choěl M. et al., 2007)

Ve studii distribuce Fe v okolí vysokých pecí/ocelárny ve Velké Británii bylo zjištěno, že Fe částice v okolí technologických procesů tvoří až 12 % z  $\text{PM}_{10}$ . V tomto případě se projevilo pouze mírné obohacení v Fe částicích u jednotlivých zrnitostních tříd. Koncentrace Fe, Mn a Co v PM byly v okolí vysokých pecí/ocelárny 2,5 až 5 krát vyšší, než ve vzdálenějším okolí.



Ve čtyřech sledovaných lokalitách se koncentrace Fe pohybovala v rozmezí:

- $PM_{10}$  (0.096 – 2.931  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $PM_{2.5}$  (0.036 – 1.767  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $PM_1$  (0.009 – 1.272  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (Mohiuddin et al. 2014)

## **Zinek**

Do atmosféry se zinek (Zn) uvolňuje při spalování fosilních paliv, těžbě a zpracování zinkových rud (i rud jiných kovů, které mohou obsahovat příměsi zinku). Atmosférickou depozicí se dostává do půdy a vody. Zdrojem v půdách jsou také hnojiva obsahující zinek jako znečišťující příměs nebo deponované čistírenské kaly. Mezi významné antropogenní zdroje zinku patří: spalování fosilních paliv, těžba a zpracování rud. ([www.irz.cz](http://www.irz.cz))

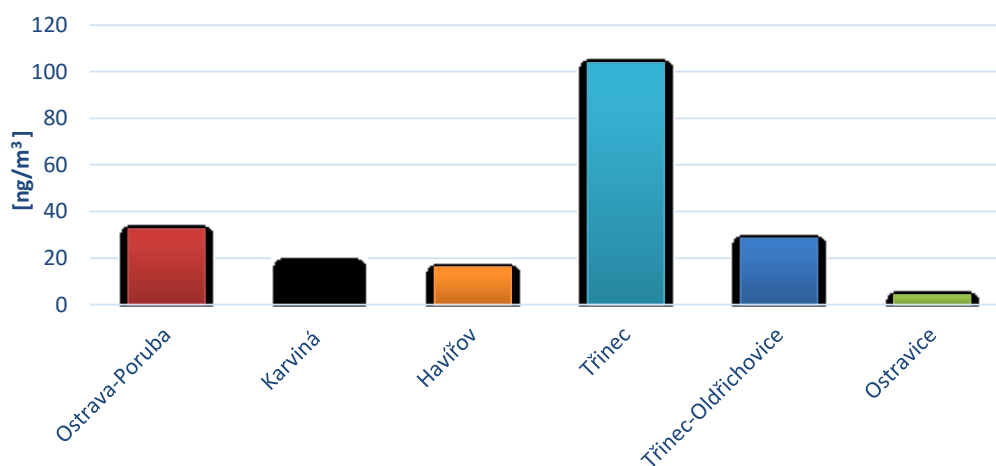
## **Měď**

Měď (Cu) se do ovzduší uvolňuje při těžbě a zpracování měděných rud a při spalování fosilních paliv a odpadů. Atmosférickou depozicí se dostává ze vzduchu do ostatních složek životního prostředí. Přírodním zdrojem mědi je zvětrávání, sopečné výbuchy, lesní požáry a rozklad biomasy. Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje patří: těžba a zpracování měděných rud, spalování fosilních paliv a odpadů. ([www.irz.cz](http://www.irz.cz))

## **Olovo**

Olovo se může do ovzduší dostávat přirozeně ve formě prachu, kouře a aerosolů mořské vody a může se také uvolňovat při lesních požárech. Antropogenní emise olova jsou významnější. Odhaduje se, že jsou 17,5× vyšší než zdroje přirozené. Hlavním antropogenním zdrojem jsou spalovací procesy (spalování odpadů a olovnatého benzínu), k lokálnímu znečištění dochází i při těžbě a zpracování olova. V současné době dochází ke snižování množství olova vstupujícího do atmosféry, hlavně z důvodu náhrady olovnatého benzínu bezolovnatým. Zavedením bezolovnatých paliv se v dopravě jeho spotřeba významně snížila (emise olova v roce 1995 činily 195 tun, v roce 2003 to bylo pouze 5,5 tuny). ([www.arnika.org](http://www.arnika.org), [www.irz.cz](http://www.irz.cz))

Na celém území ČR jsou koncentrace olova velmi nízké a nedosahují ani poloviny imisního limitu, tj. hodnoty dolní meze pro posuzování ( $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nejvyšší koncentrace  $103,78 \text{ ng}/\text{m}^3$  byly naměřeny na stanici Třinec. Jako druhá byla opět lokalita Třinec, tentokrát Oldřichovice ( $28,51 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), koncentrace Pb však v této lokalitě byly téměř 4 krát nižší než v předchozí. Nejnižší průměrné hodnoty koncentrace  $4,09 \text{ ng}/\text{m}^3$  vykazovala pozadřová lokalita Ostravice. V grafech č. 10 až 13 jsou uvedeny průměrné koncentrace těžkých kovů za období zima 2013/2014 a zima 2014/2015 v oblasti Moravskoslezského kraje.



Graf 10: Průměrné koncentrace Pb za období zima 2013/2014 a 2014/2015

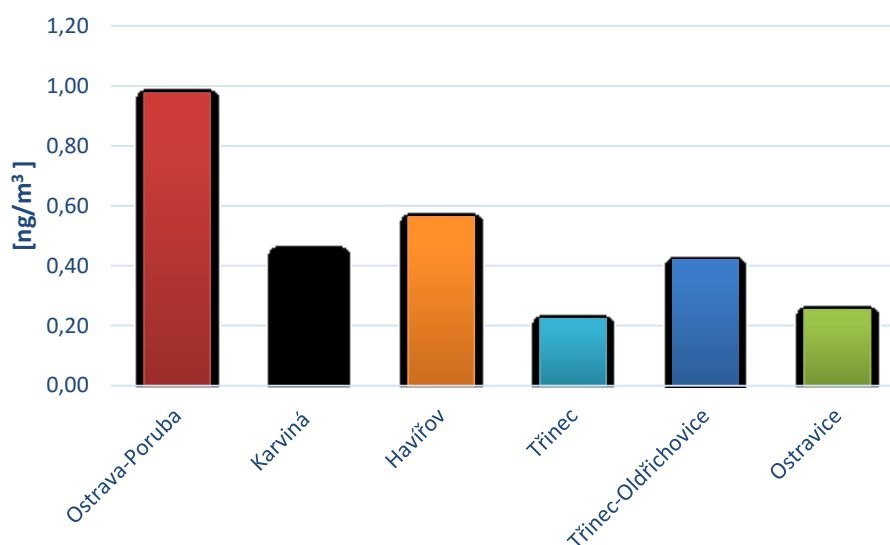
## Kadmium

Kadmium (Cd) je rovněž navázáno převážně na částice s aerodynamickým průměrem do  $2,5 \mu\text{m}$ , které jsou spojeny s větším rizikem negativního vlivu na lidské zdraví. V částicích s aerodynamickým průměrem nad  $10 \mu\text{m}$  je naopak obsaženo minimální množství kadmia. Z tohoto důvodu se kadmium může vázat na popílek, prachové a půdní částice. Vazba je nejsilnější u popílku a jílových částic. Kadmium uvolňované do atmosféry se proto váže na emitované částice popílku. Tyto částice mohou zůstat v atmosféře více než týden, než pomocí atmosférické depozice přejdou do vody nebo půdy. Tímto způsobem se kadmium může distribuovat na velké vzdálenosti. (Blažek a kol., 2013)

Antropogenní zdroje kadmia (Cd) tvoří v globálním pohledu cca 90 % emisí do ovzduší. Převážně se jedná o výrobu železa, oceli, metalurgie neželezných kovů, spalování odpadů a fosilních paliv (hnědé uhlí, černé uhlí a těžké topné oleje). Významným zdrojem

je také spalování fosilních paliv a komunálního a nemocničního odpadu. Méně významným zdrojem emisí je pak doprava. Zbýlých 10 % tvoří přirozené zdroje, nejvýznamnějším z nich jsou výbuchy podmořských sopek. Emise kadmia do ovzduší způsobené člověkem jsou přibližně 8× vyšší než emise přirozené. (Blažek a kol., 2013; [www.irz.cz](http://www.irz.cz))

Nejvyšší roční koncentrace Cd byly naměřeny v lokalitě Ostrava-Poruba s hodnotou 0,98 ng/m<sup>3</sup>, následuje lokalita Havířov s hodnotou 0,56 ng/m<sup>3</sup>. Překvapivě nejnižší koncentrace Cd byly naměřeny v lokalitě Třinec (0,22 ng/m<sup>3</sup>) a o trochu vyšší koncentrace Cd byly naměřeny v Ostravici (0,25 ng/m<sup>3</sup>).



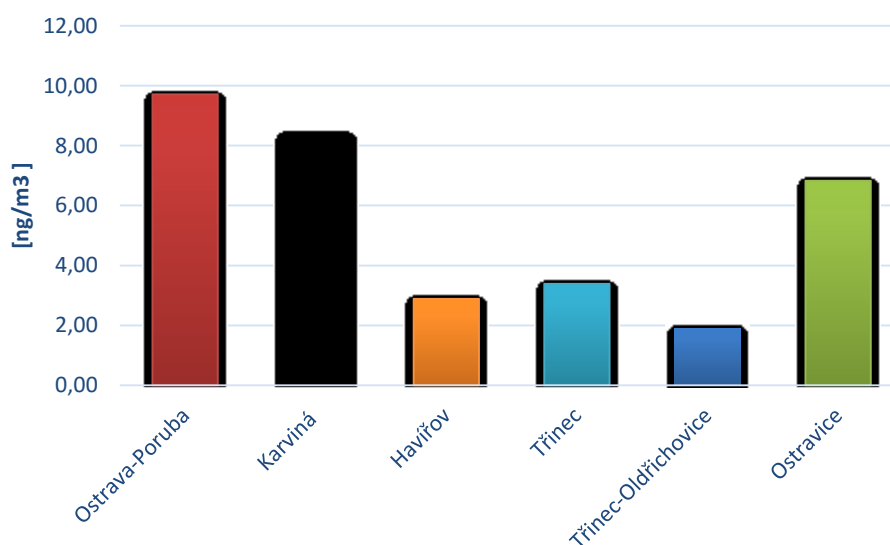
Graf 11: Průměrné koncentrace Cd za období zima 2013/2014 a 2014/2015

## Arsen

Arsen (As) se vyskytuje v mnoha formách anorganických i organických sloučenin, a to převážně v částicích jemné frakce (s aerodynamickým průměrem do 2,5 µm), která může být transportována na delší vzdálenost a pronikat hlouběji do dýchací soustavy. Téměř veškerý arsen je tak vázán na částice s aerodynamickým průměrem do velikosti 10 µm. (Blažek a kol., 2013)

Mezi hlavní přírodní zdroje uvolňující arsen do atmosféry patří v první řadě vulkanická činnost, tou se uvolňuje okolo 3000 tun As za rok. Dále zde pak patří požáry lesů, zvětrávání minerálů a činnost mikroorganismů (v mokřinách, močálech a příbřežních oblastech), ty uvolňují těkavé methylarseny do míry okolo 20 000 tun za rok. ([www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)) Antropogenní činnost oproti tomu produkuje až tři čtvrtiny celkových emisí, což je okolo

80 000 tun arsenu uvolňovaného do ovzduší ročně. Arsen je tak uvolňován především ve formě vázané na popílek, značné množství také zůstává ve škváře. Významné je hlavně spalování v elektrárnách a při dalších spalovacích procesech, kde dochází ke spalování hnědého uhlí, černého uhlí a těžkých topných olejů. Při spalování uhlí v domácích topeništích však zůstává značná část As v popelu. Vysoké koncentrace tak lze nalézt v okolí metalurgických závodů zpracovávající Cu, Pb a jiné kovy, které ve svých rudách obsahují stopy arsenu. (Blažek a kol., 2013; [www.irz.cz](http://www.irz.cz))



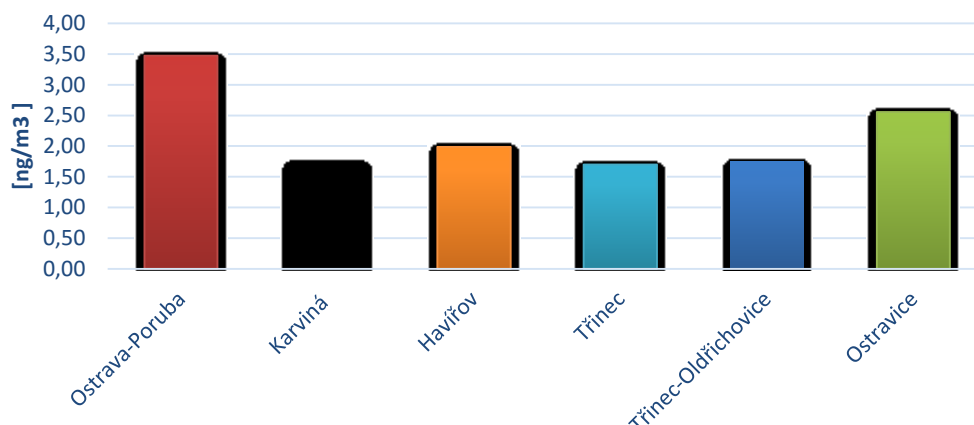
**Graf 12: Průměrné koncentrace As za období zima 2013/2014 a 2014/2015**

Průměrný imisní limit arsenu byl za období zimy 2013/2014 a 2014/2015 překročen, jak ukazuje následující graf č. 12. Nejvyšší koncentrace As ( $9,71 \text{ ng/m}^3$ ) byla naměřena v lokalitě Ostrava-Poruba. Jako další, s hodnotou  $8,36 \text{ ng/m}^3$ , byla lokalita Karviná. Překvapivé zjištění však vykazuje lokalita Ostravice s koncentrací  $6,83 \text{ ng/m}^3$ , tedy třetí nejvyšší hodnotou ze všech měřených lokalit. To může mít za následek dálkový přenos částic.

## Nikl

Mezi hlavní antropogenní zdroje niklu (Ni), které v globálu tvoří asi tři čtvrtiny celkových emisí, lze řadit spalování těžkých topných olejů, těžbu niklových rud a rafinaci niklu, spalování odpadu a výrobu železa a oceli. Mezi hlavní přírodní zdroje lze řadit kontinentální prach a vulkanickou činnost. Asi 70 % částic obsahujících nikl tvoří frakci menší než  $10 \mu\text{m}$ , tyto částice mohou být proto transportovány na delší vzdálenosti.

Asi ve 30 % se nikl vyskytuje v aerosolu s aerodynamickým průměrem větším nebo rovným 10  $\mu\text{m}$ , který rychle sedimentuje v blízkosti zdroje. Nikl se vyskytuje v atmosférickém aerosolu v několika chemických sloučeninách, které se liší svou toxicitou pro lidské zdraví i ekosystémy. Ze zdravotního hlediska způsobuje nikl alergické kožní reakce a je klasifikován jako karcinogenní látka pro člověka. (Blažek a kol., 2013)



Graf 13: Průměrné koncentrace Ni za období zima 2013/2014 a 2014/2015

Jak ukazuje graf č. 13, za období zimy 2013/2014 a 2014/2015 nebyl překročen na žádné z lokalit ani roční imisní limit niklu ( $20 \text{ ng/m}^3$ ). Nejvyšší průměrné roční koncentrace Ni však byly naměřeny na stanici Ostrava-Poruba ( $3,47 \text{ ng/m}^3$ ). S hodnotou  $2,55 \text{ ng/m}^3$  následuje lokalita Ostravice. V tabulce č. 8 jsou uvedeny průměrné hodnoty koncentrací všech sledovaných prvků v  $\text{PM}_{10}$ .

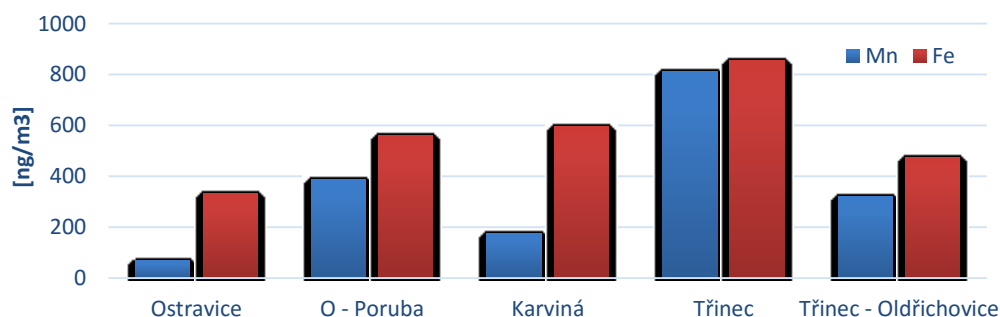
Lokalita	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Sb	Tl	V	As	Mn	Fe	Pb	Zn
[ng/m³]													
Ostravice	0,22	0,10	3,16	2,56	1,68	2,19	0,29	4,16	3,60	68,40	331,17	5,26	8,92
O - Poruba	0,57	0,36	5,53	19,55	2,38	7,96	1,60	6,11	5,27	386,75	560,33	18,67	52,33
Karviná	0,40	0,18	5,47	11,19	1,60	6,27	0,63	8,07	4,59	173,79	594,11	17,18	80,69
Třinec	0,28	0,13	4,61	6,24	1,57	4,85	0,53	10,36	2,29	810,93	854,25	75,53	83,17
Třinec - Oldřichovice	0,44	0,11	3,26	7,42	1,60	1,60	0,71	4,71	1,60	321,22	474,23	28,51	60,24

Vysvětlivky: žlutá – vyznačení míst s nejnižší koncentrací

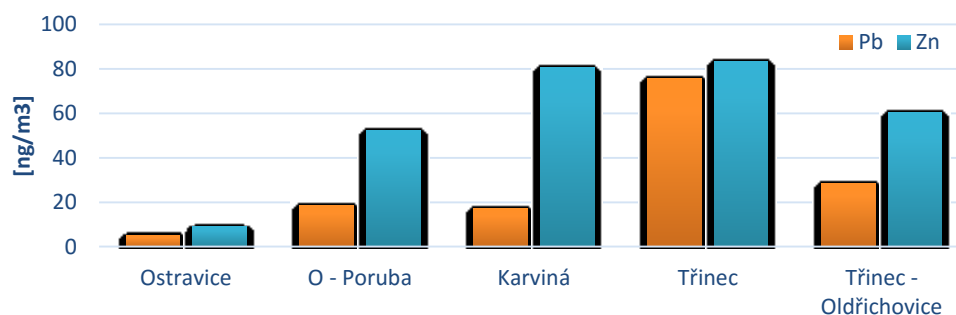
oranžová- vyznačení míst s nevyšší koncentrací

Tabulka 8: Průměrné hodnoty koncentrací prvků v  $\text{PM}_{10}$

## Imisní zátěž Třinecka: Bc. Raszka Michal



Graf 14: Roční průměrná koncentrace Fe a Mn v částicích PM<sub>10</sub>



Graf 15: Roční průměrná koncentrace Zn a Pb

Roční průměrné koncentrace Fe, Mn, Zn a Pb v částicích Pm<sub>10</sub> vyplývají z grafů č. 14 a 15.

Prvek	Budapešť	Vídeň	Berlín	Třinec	Oldřichovice	Ostravice	Karviná	O-Poruba
Pb	30,4	22,1	49	75,5	28,5	5,26	17,18	18,67
Fe	2115	181	2048	854	474	331	594	560
Co	0,32	0,11	-	0,13	0,11	0,1	0,18	0,36
Ni	2,7	1,6	3	1,57	1,60	1,68	1,60	2,38
Cu	37,3	11	74	16,24	7,42	2,56	11,19	19,55
Zn	53,5	35	-	83,17	60,24	8,92	80,69	52,33
Sb	8,2	-	5,6	4,85	1,60	2,19	6,27	7,96
Tl	0,09	-	0,06	0,53	0,29	0,71	0,60	1,60
V	3	1,83	1,4	10,36	4,71	4,16	8,07	6,11
Cr	6,89	0,79	-	4,61	3,26	3,16	5,47	5,53
Mn	26,8	6,7	25	810	321	68,40	173	386
Ga	0,29	-	0,1					
Rb	1,78	-	0,68					
Mo	2,53	-	4,46					
Cd	1,15	0,44	0,26	0,28	0,44	0,22	0,40	0,57

Tabulka 9: Srovnání koncentrace prvků na sledovaných lokalitách v PM<sub>10</sub> s jinými městy v ng/m<sup>3</sup> (Muranszky et al.; 2011)

Z tabulky č. 9 je zřejmé, že ve srovnání s ostatními Evropskými městy, jsou koncentrace Pb, Zn, Mn a V v regionu MSK vyšší. U ostatních prvků, Fe, Ni, Cu a Sb, byly zjištěné koncentrace vyšší v ostatních Evropských městech. Zvláště překvapivá je nižší koncentrace Fe v oblasti Třinecka.

Lokalita	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Sb	Tl	V	As	Mn	Fe	Pb	Zn
O - Poruba	2,58	3,57	1,75	7,64	1,42	3,64	5,51	1,47	1,46	5,65	1,69	3,55	5,87
Karviná	1,83	1,77	1,73	4,37	0,96	2,86	2,17	1,94	1,27	2,54	1,79	3,27	9,05
Třinec	1,26	1,28	1,46	2,44	0,93	2,21	1,83	2,49	0,64	11,86	2,58	14,36	9,32
Třinec - Oldřichovice	2,01	1,10	1,03	2,90	0,95	0,73	2,44	1,13	0,44	4,70	1,43	5,42	6,75

Tabulka 10: Index obohacení

V tabulce č. 10 jsou uvedeny vypočtené indexy obohacení, které byly vypočteny jako poměr koncentrace na lokalitě/koncentrace pozadí – Ostravice. Nejvyšší index obohacení vykazuje Pb pro lokalitu Třinec a Mn pro lokalitu Třinec. Vyšší obsahy Pb v imisích Třince souvisí s prokázanými obsahy Pb v emisích z aglomerace.

## 5. Organické sloučeniny v PM10

### 5.1 Organický uhlík

Organický uhlík dále jen OC (organic carbon) představuje směs sloučenin obsahujících uhlík vázanou s jinými prvky, jako jsou vodík nebo kyslík. Nedokonalým spalováním nebo oxidací těkavých organických sloučenin (VOC - Volatile Organic Compound), může vznikat tzv. primární OC, ten pochází např. ze spalování fosilních paliv (OC<sub>ff</sub>), spalování biomasy (OC<sub>bb</sub>) nebo představuje biologické částice či rostlinné zbytky (OC<sub>bio</sub>). Procesem nukleace či kondenzace v atmosféře naopak vzniká tzv. sekundární OC, jeho kvantifikace je však problematická především kvůli dosud omezeným znalostem molekulového složení, atmosférických procesů a charakteristických emisních profilů. (U. S. EPA, 2012; Pio et al., 2011; Zhou et al., 2012; Park et al., 2005; Kim, 2006; Chen et al., 2004; Viidanoja et al, 2002 in Kucbel, 2013).

V ovzduší je tedy OC přítomen v částicích vznikajících při nedokonalém spalování, může také vznikat sekundárně fotochemickými reakcemi. Přítomnost uhlíkatých aerosolů v atmosféře ovlivňuje radiační bilanci a klima Země, má ale především vliv na lidské zdraví,



a to jak v regionálním tak globálním měřítku. OC je schopen sluneční záření nejen částečně absorbovat, ale především rozptylovat, oproti EC, který toto záření absorbuje. OC tvoří organické sloučeniny s nízkou molekulovou hmotností (např. kyselina malonová a šťavelová), ale také n-alkany, polycyklické aromatické uhlovodíky, terpeny, karbonyly, n-alkanoly nebo organické kyseliny.

Průměrná koncentrace OC v imisích se pohybuje od  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pro čisté oblasti až k  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve znečištěných oblastech. U lokálních topenišť se průměrné koncentrace OC uvádí v rozpětí  $85.8 \pm 22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  při spalování dřeva, při spalování uhlí je to  $70.8 \pm 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Uhlíkaté částice se vyskytují převážně v částicích pod  $2.5 \mu\text{m}$ , kde v případě spalování dřeva tvoří 28 – 31 % a v případě spalování uhlí 38 – 41 %. V roce 2014 byla provedena analýza hodnocení koncentrací OC v Moravskoslezském kraji. Ukázalo se, že koncentrace OC v  $\text{PM}_{10}$  tvoří 30 až 90 %, tato hodnota je téměř několikanásobně vyšší, než pro ostatní evropská města, kdy pro evropské venkovské a městské prostředí činí obsah OC v  $\text{PM}_{2.5}$  20 až 50 %. (Cavalli, 2010; Kucbel et al., 2015)

	$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_1$	$\text{PM}_1$ z $\text{PM}_{10}$	OC	OC z $\text{PM}_1$	OM	OM z $\text{PM}_1$	PAU	Organika
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\text{ng}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Třinec</b>	24,09	10,31	42,80	6,92	67,1	9,68	93,91	34,16	64,21
<b>Třinec - Oldřichovice</b>	26,09	15,05	57,71	4,59	30,5	6,43	42,73	36,77	42,21
<b>Ostrava - Poruba</b>	23,35	16,64	71,26	6,04	36,3	8,45	50,79	23,67	69,97
<b>Karviná</b>	22,16	8,99	40,60	4,23	47,1	5,93	65,89	42,92	74,83
<b>Havířov</b>	26,26	12,23	46,84	4,99	40,0	6,98	56,79	53,20	9,37
<b>Ostravice</b>	8,16	2,53	31,05	1,76	69,6	2,47	97,47	32,66	51,73

Tabulka 11: Přeborná sezóna 2014

	$\text{PM}_{10}$	$\text{PM}_1$	$\text{PM}_1$ z $\text{PM}_{10}$	OC	OC z $\text{PM}_1$	OM	OM z $\text{PM}_1$	PAU
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	$\text{ng}/\text{m}^3$
<b>Třinec</b>	21,90	16,46	75,15	2,9	17,5	4,0	24,6	93,74
<b>Třinec - Oldřichovice</b>	11,70	7,60	64,57	2,4	31,3	3,3	43,8	16,40
<b>Ostrava - Poruba</b>	57,75	34,00	58,88	9,9	29,1	13,9	40,8	377,92
<b>Karviná</b>	26,99	10,13	37,52	6,7	66,2	9,4	92,7	410,74
<b>Havířov</b>	43,29	22,25	51,39	7,9	35,4	11,0	49,5	145,74
<b>Ostravice</b>	8,00	2,41	30,13	1,2	51,3	1,7	71,8	25,96

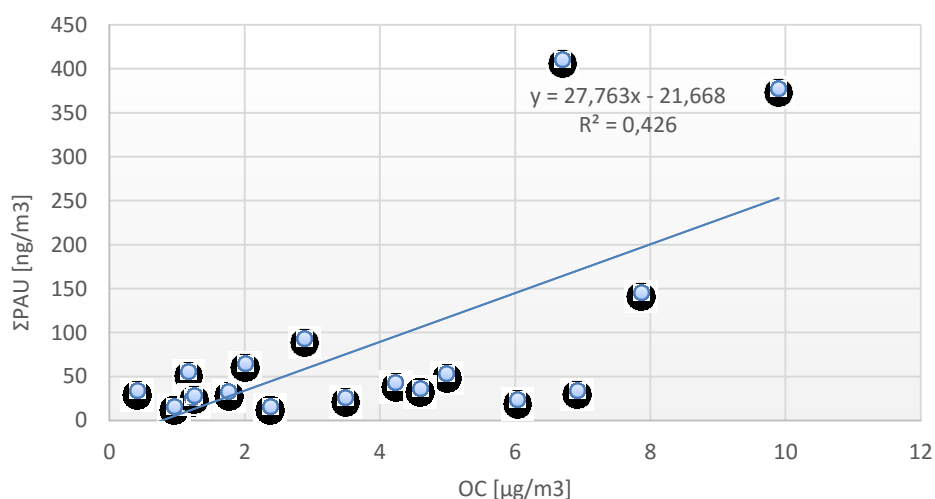
Tabulka 12: Zimní sezóna 2014

Výsledky měření organického uhlíku jsou uvedeny v tabulkách č. 11, 12 a 13.

	PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub>	PM <sub>1</sub> z PM <sub>10</sub>	OC	OC z PM <sub>1</sub>	OM	OM z PM <sub>1</sub>	PAU	Organika
	μg/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>	%	μg/m <sup>3</sup>	%	μg/m <sup>3</sup>	%	ng/m <sup>3</sup>	μg/m <sup>3</sup>
Třinec	16,23	13,501	83,19	0,4	3,0	0,6	4,3	33,79	51,46
Třinec - Oldřichovice	16,82	14,04	83,48	2,0	14,3	2,8	20,0	65,15	41,34
Ostrava - Poruba	6,68	4,80	71,79	1,0	20,0	1,3	28,0	16,61	33,57
Karviná	15,09	11,54	76,49	3,5	30,2	4,9	42,3	26,04	28,83
Havířov	9,97	8,47	84,91	1,3	14,8	1,8	20,8	28,69	23,83
Ostravice	17,19	12,36	71,90	1,2	9,5	1,6	13,3	55,55	30,79

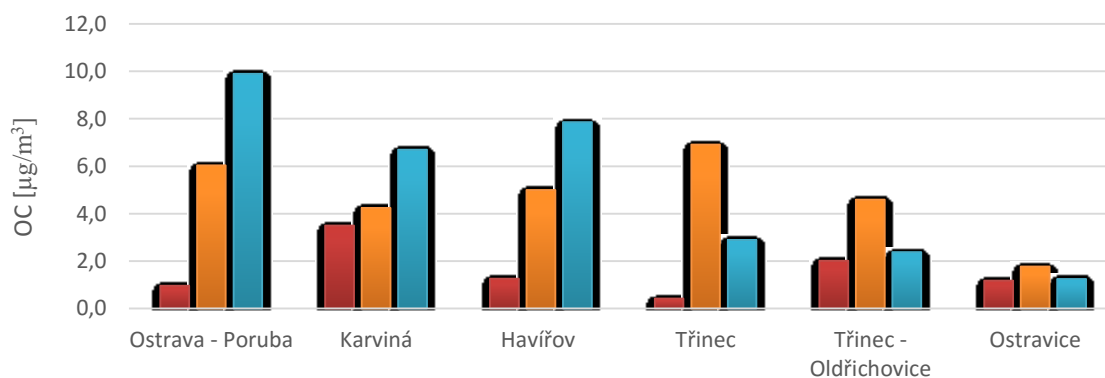
Tabulka 13: Letní sezóna 2014

V grafu č. 16 je zobrazena korelační závislost mezi OC na PAU.



Graf 16: Korelační závislost mezi OC a PAU

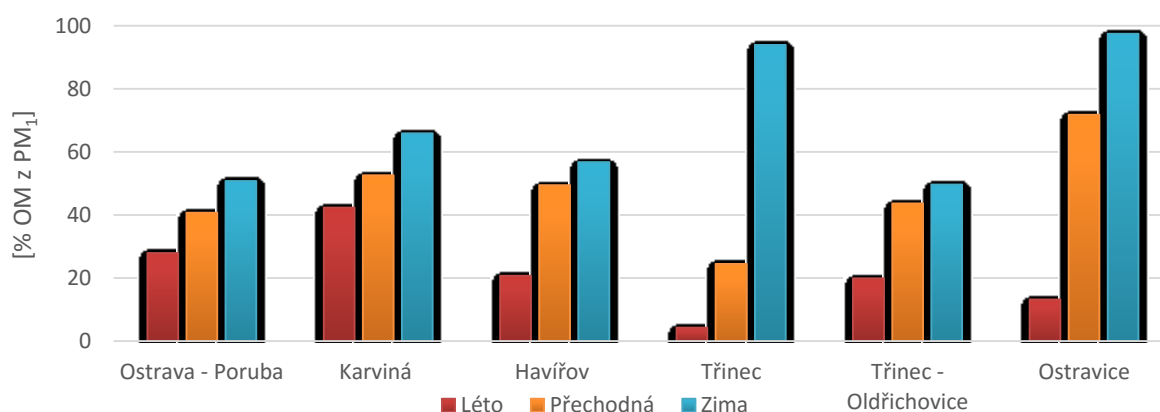
Graf č. 17 uvádí koncentrace OC v jednotlivých lokalitách za rok 2014. Je patrné, že nejnižší koncentrace OC v létě byly naměřeny v Třinci, kdy hodnota byla stanovena na



Graf 17: Koncentrace OC za rok 2014

0,41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Naopak nejvyšší letní koncentrace byly naměřeny v Karviné, kdy hodnota dosahovala 3,49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . U přechodného období dosahovala nejvyšší koncentrace hodnoty 6,91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a to v lokalitě Třinec. Naopak nejnižší hodnota koncentrace byla naměřena u lokality Ostravice, která slouží jako pozadová lokalita, a ve všech obdobích za rok 2014 jsou zde naměřeny téměř nejnižší koncentrace. Jak se dalo předpokládat, nejvyšší hodnoty byly naměřeny v zimním období a nejvyšší koncentrace obsahovala lokalita Ostrava-Poruba, kdy hodnota dosahovala až 9,89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Následující graf č. 18 uvádí koncentraci organického uhlíku v částicích  $\text{PM}_{10}$ . Dá se jednoznačně konstatovat, že v zimě 2014 byly zjištěny nejvyšší koncentrace OC v částicích  $\text{PM}_{10}$ .

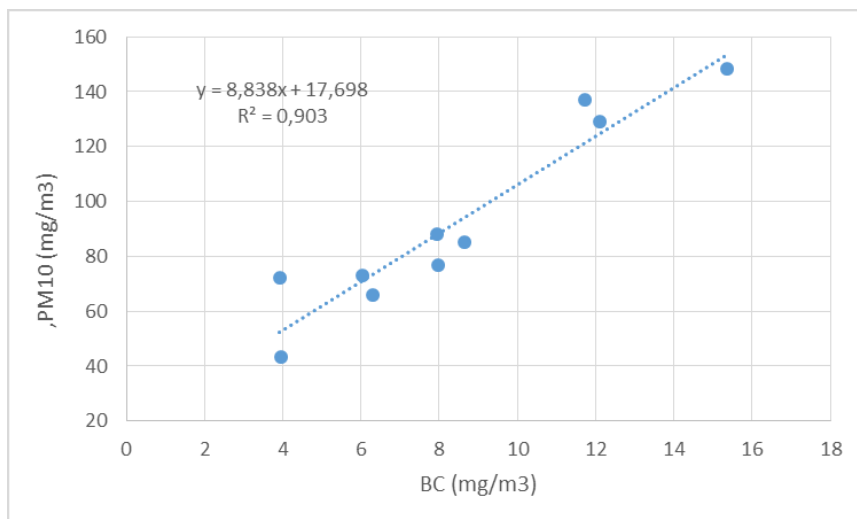
V zimním období byl obsah OC v  $\text{PM}_{10}$  v lokalitě Třinec 93,91 %, v letním období činil podíl do 10 %. Překvapivé jsou i výsledky pozadové lokality Ostravice, kdy hodnoty za přechodné i zimní období byly vyšší než koncentrace v jiných lokalitách, a v zimním období dokonce dosahovaly koncentrace až 97,47 %, tím převyšovaly hodnoty koncentrace v lokalitě Třinec.



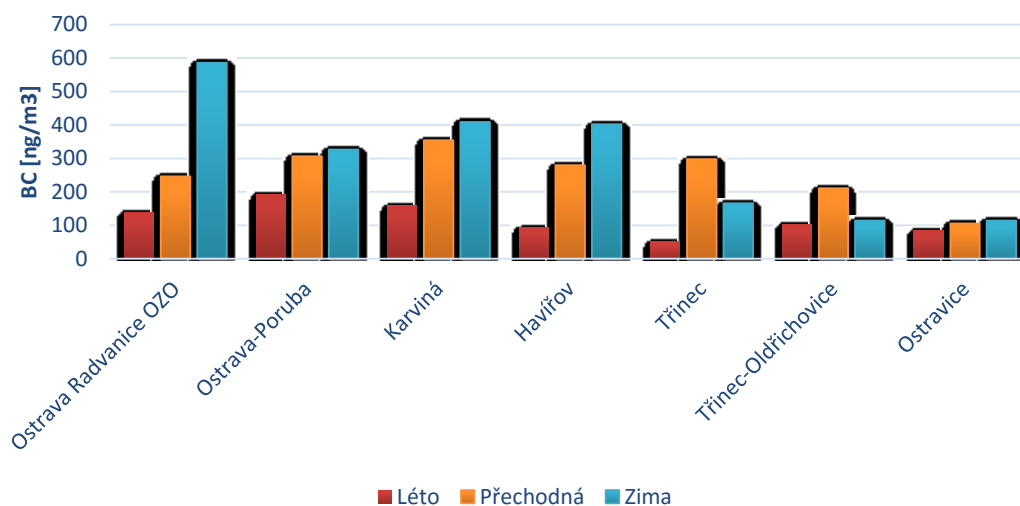
Graf 18: Procentuální podíl koncentrace OC v  $\text{PM}_{10}$  za rok 2014

## 5.2 Black carbon

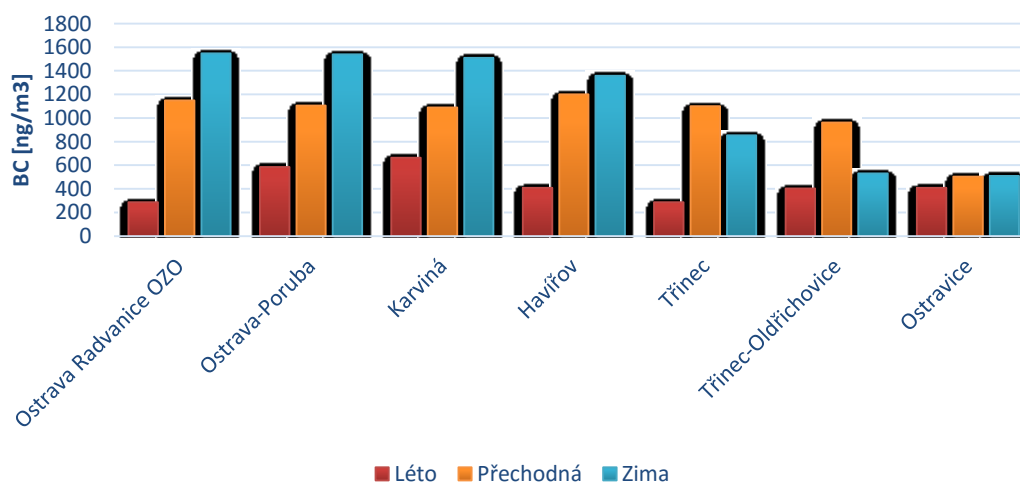
Z výsledků měření, které byly provedeny pracovníky centra ENET a Institutu geologického inženýrství, vyplývá, že podíl BC v  $\text{PM}_{10}$  tvoří cca 10 % bez ohledu na roční období. V grafu č. 19 je uvedena závislost mezi obsahem BC a  $\text{PM}_{10}$  na sledovaných lokalitách (navíc je přidána lokalita Frýdek-Místek, Hradec nad Moravicí a Ostrava – Mariánské Hory).



Graf 19: Závislost mezi obsahem BC a PM<sub>10</sub> na vybraných lokalitách v zimě 2014/2015

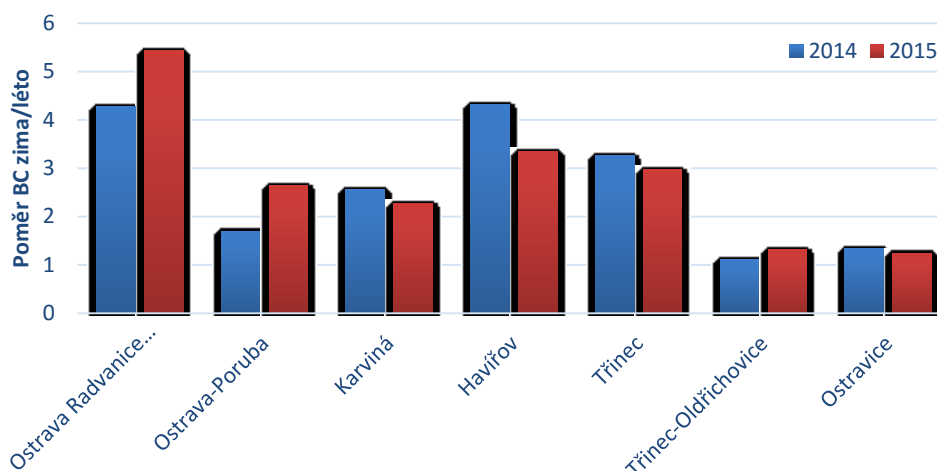


Graf 20: Koncentrace BC v imisích v roce 2014



Graf 21: Koncentrace BC v imisích v roce 2015

Ze srovnání obou grafů koncentrace BC v roce 2014 a 2015 vyplývá, že v zimě 2015 byly koncentrace BC vyšší než v roce 2014.



**Graf 22: Poměr koncentrací BC v zimě/létě pro rok 2014 a 2015.**

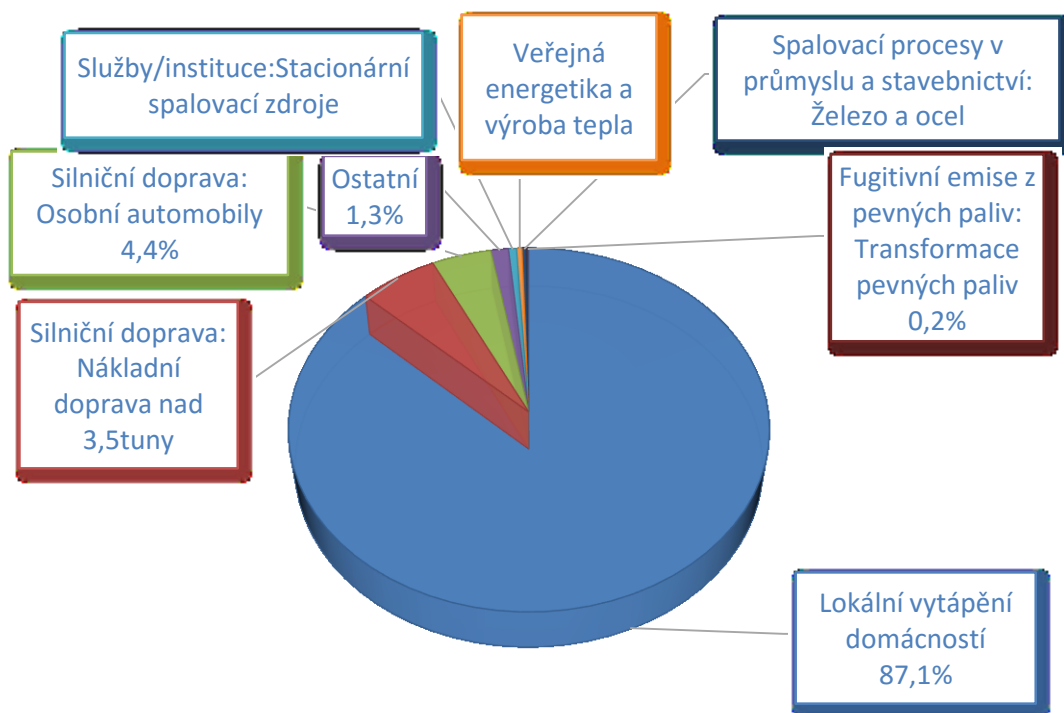
Z grafu č. 22 je zřejmé, že spalovacími procesy je nejvíce ovlivněna lokalita Ostrava-Radvanice, Havířov-Šumbark a Třinec. Nejnižší ovlivnění vykazuje Ostravice a Třinec-Oldřichovice.

### 5.3 Polyaromatické uhlovodíky v PM<sub>10</sub>

Emise polyaromatických uhlovodíků, zastoupených v oblasti sledování kvality ovzduší benzo[*a*]pyrenem, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo[*a*]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C. Mezi jeho nejvýznamnější zdroje se proto řadí spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích, a doprava.

Sektor lokální vytápění domácností se na emisích benzo[*a*]pyrenu v roce 2013 v celorepublikovém měřítku podílel 87,1 % (graf č. 23). Hlavní příčinou takto vysokého podílu je spalování pevných paliv, především uhlí, v kotlích starších typů (odhořívací, prohořívací). Podle odborných odhadů tvoří odhořívací a prohořívací kotle až 85 % všech zařízení na spalování pevných paliv v domácnostech. Vliv sektorů Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny a Silniční doprava: Osobní automobily je odhadován na 10,2 %. Ostatní významnější zdroje emisí benzo[*a*]pyrenu se nacházejí v sektorech Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel (spékačí pásy aglomerace) a Fugitivní emise z

pevných paliv: Transformace pevných paliv (netěsnosti koksárenských baterií).  
(www.chmi.cz, 2014)

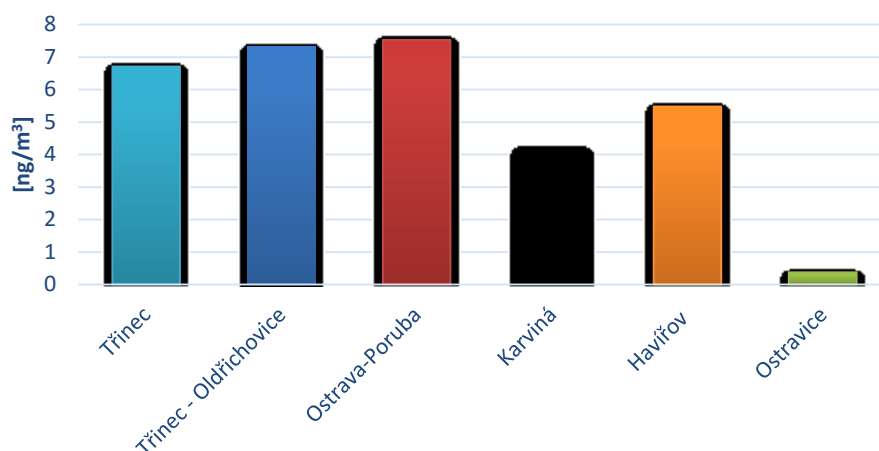


**Graf 23: Podíl odvětví na celkových emisích benzo[a]pyrenu za rok 2013 (www.chmi.cz)**

Koncentrace benzo[a]pyrenu vykazují výrazný roční chod s maximy v zimním období a minimem v letním období. V zimním období zvýšené koncentrace v atmosféře souvisí se zvýšenými emisemi polycyklických aromatických uhlovodíků (dále PAH) ze sezonních antropogenních zdrojů – z lokálních topenišť (tj. nejvýznamnějšího zdroje emisí benzo[a]pyrenu). Významným zdrojem emisí PAH je i doprava, u které v zimním období dochází navíc k navýšení emisí PAH v důsledku studených startů. Dále jsou zvýšené koncentrace způsobeny zhoršenými rozptylovými podmínkami v zimním období, jednodušší konverzí plyn-částice při nízkých teplotách a nižším fotochemickým rozkladem PAH. V letním období naopak dochází k poklesu koncentrací v důsledku lepších rozptylových podmínek, zvýšeného chemického a fotochemického rozkladu PAH za vyšší intenzity slunečního záření a vysokých teplot a samozřejmě k poklesu emisí z antropogenních zdrojů. (www.chmi.cz, 2014)

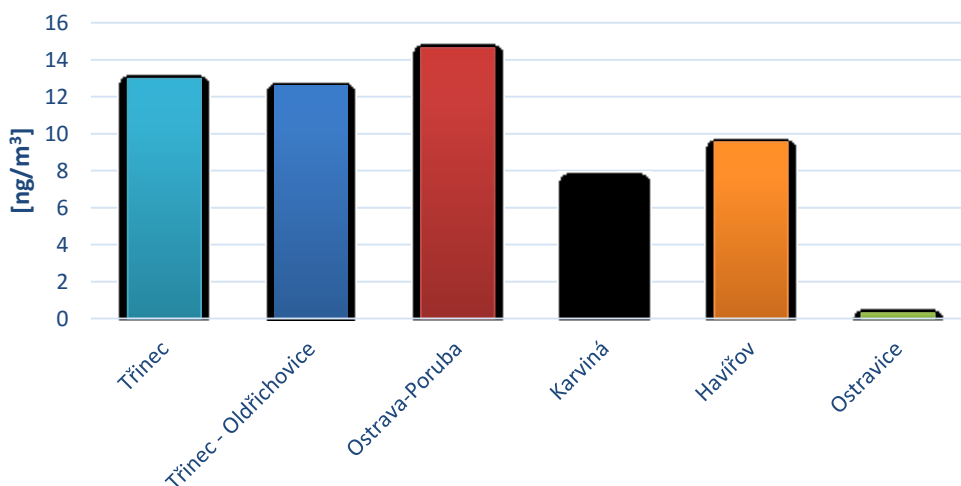
V roce 2014 byly naměřeny nejvyšší koncentrace benzo[a]pyrenu v měsících leden–březen a říjen–prosinec, a to zejména v důsledku nízkých teplot a nepříznivých rozptylových podmínek v průběhu celého zimního období. Rok 2014 byl z hlediska rozptylových

podmínek příznivější a teplotně nadnormální než předchozí roky, což společně s menší intenzitou vytápění vedlo k nižším koncentracím oproti předcházejícím rokům.



**Graf 24: Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu za rok 2014**

Jak se předpokládalo, nejnižší průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2014 byly naměřeny v lokalitě Ostravice ( $0,5 \text{ ng/m}^3$ ), což spadá pod limitní hodnotu ( $1 \text{ ng/m}^3$ ) benzo[a]pyrenu. V ostatních lokalitách došlo k výraznému překročení tohoto limitu, nejvyšší hodnoty  $7,53 \text{ ng/m}^3$  byly naměřeny v lokalitě Ostrava-Poruba. Průměrné roční hodnoty benzo[a]pyrenu za rok 2014 jsou uvedeny v grafu č. 24.



**Graf 25: Průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu za zimu 2013/2014**

Průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu za zimní období let 2013 a 2014 byly zaznamenány v grafu č. 25. Oproti průměrným ročním koncentracím (graf č. 24) je ihned patrné navýšení hodnot téměř o dvojnásobek na všech měřených lokalitách s výjimkou Ostravice ( $0,3 \text{ ng/m}^3$ ), kde hodnoty mírně poklesly.



### 5.3.1 Analýza rizik

V tabulkách č. 14 a 15 jsou uvedeny výsledky analýzy rizik, které byly vypočteny z koncentrace polyaromatických uhlovodíků. Pro výpočet karcinogenního rizika byla použita metodika US EPA (Environmental Protection Agency). Celoživotní riziko karcinogenního onemocnění v závislosti na dávce vdechovaného kontaminantu přítomného v ovzduší v nízkých koncentracích je hodnoceno podle lineárního modelu. Výsledky byly převzaty z publikace Zmijková D. et al. (2015).

	O-Radvanice	O-Poruba	Karviná	Šumbark	Třinec	Oldřichovice	Ostravice
Naphtalen						2,6968E-06	
Acenaphylen						1,4688E-10	
Acenaphthen							
Fluoren		7,1624E-10		3,56E-09	4,01311E-09	1,0336E-09	3,121E-10
Phenanthren	1,73711E-09	6,0605E-09	2,9343E-08	1,95E-08	5,96543E-08	4,2977E-09	3,066E-09
Anthracen	9,22839E-10	4,628E-09	1,22707E-09	9,47E-10	1,95232E-09	1,6864E-09	1,917E-09
Fluoranthen	7,057E-10	3,4159E-09	1,06702E-08	5,01E-08	2,16925E-08	1,4688E-09	1,095E-09
Pyren	4,01706E-10	2,0385E-09	6,93562E-09	3,23E-08	1,19309E-08	8,7041E-10	7,118E-10
Benzo[a]anthracen	1,62854E-09	3,6914E-08	1,12037E-09	1,61E-09	2,22348E-09	2,2848E-08	9,309E-09
Chrysen	4,50562E-10	3,8567E-09	1,81393E-09	3,62E-09	3,85042E-09	3,264E-09	1,533E-09
Benzo[b]fluoranthen	2,71423E-09	2,9752E-08	1,28042E-09	2,51E-09	2,92849E-09	2,72E-08	9,309E-09
Benzo[k]fluoranthen	1,0145E-09	1,409E-08	5,8686E-10	1E-09	1,30155E-09	1,36E-08	4,545E-09
Benzo[a]pyren	1,46568E-08	2,5344E-07	1,06702E-09	1,39E-09	2,49464E-09	2,2848E-07	9,309E-08
Indeno[1,2,3-cd]pyren	1,35712E-09	1,8733E-08	1,01367E-08	1,73E-08	2,11502E-08	1,904E-08	8,214E-09
Dibenzo[a,h]anthracen		4,8171E-08	2,15736E-08	3,29E-08	5,33422E-08	4,4591E-08	1,197E-08
Bezno[g,h,i]perylene	2,8228E-10	2,3691E-09	1,44047E-09	2,51E-09	2,54887E-09	2,3392E-09	1,04E-09
ΣPAU	2,58714E-08	4,2418E-07	8,71952E-08	1,69E-07	1,89083E-07	3,0677E-06	1,461E-07

Tabulka 14: Výsledky analýzy rizik pro letní období roku 2014

**Faktor příjmu IF** (Intake Factor) je počítán jako:

$$IF = (IR \cdot AF \cdot ED \cdot ET) / BW \cdot AT$$

Kde:

IR – Inhalation Rate, vdechovaný denní objem vzduchu (20m<sup>3</sup>/den)

EF – Exposure Frequence, roční počet dnů expozice (365 dnů)

ED – Exposure Duration, délka expozice v letech během života (70 roků)

ET – Exposure Time, délka expozice během dne (8 hodin denně)

BW – Body Weight, tělesná hmotnost (70 kg)

AT – Average exposure extent over lifetime, průměrná délka expozice za život (35 500 dní)

**Chronická denní dávka CDI** (Chronic Daily Intake) je stanovena jako:

$$CDI = c_{air} * IF$$

Kde:

$c_{air}$  – koncentrace látky v ovzduší ( $mg/m^3$ ), IF – faktor příjmu

Pro karcinogenní látky je chronická denní dávka nazývána celoživotní průměrná dávka LADD (Life Averaged Daily Dose). **Karcinogenní riziko CR** (Cancer Risk) je stanoveno z hodnoty LADD podle rovnice lineárního modelu bez prahové hodnoty:

$$CR = LADD * SF$$

Kde:

SF – Slope Factor, směrnice přímky

	O-Radvanice	O- Poruba	Karviná	Havířov	Třinec	Třinec Oldřichovice	Ostravice
Naphtalen	4,64017E-06	1,434E-05	6,74621E-06	3E-06			
Acenaphtylen	5,89959E-10	4,4276E-09	5,70258E-09	5,93E-10			
Acenaphten		1,4403E-09	7,25783E-10				
Fluoren	3,21796E-09	1,8137E-08	1,91814E-08	4,74E-09	1,95291E-09		
Phenanthren	2,94979E-08	4,2143E-08	4,19917E-08	1,56E-08	1,53066E-08	2,0732E-09	3,913E-09
Anthracen	4,82694E-08	3,7342E-08	4,9768E-08	1,19E-08	1,42509E-08	1,3094E-09	3,801E-09
Fluoranthen	1,98441E-08	2,0805E-08	2,43656E-08	7,54E-09	5,80594E-09	1,7458E-09	2,459E-09
Pyren	1,07265E-08	1,6537E-08	1,8663E-08	5,93E-09	3,90581E-09	1,3094E-09	1,733E-09
Benzo[a]anthracen	2,83478E-07	5,852E-07	6,73941E-07	2,26E-07	1,05563E-07	7,0924E-09	1,006E-08
Chrysen	3,20919E-08	5,852E-08	5,18417E-08	2,64E-08	1,16119E-08	1,964E-09	2,068E-09
Benzo[b]fluoranthen	3,10222E-07	4,7348E-07	4,61391E-07	2,37E-07	9,50063E-08	1,0911E-08	1,174E-08
Benzo[k]fluoranthen	1,39825E-07	2,1396E-07	2,33287E-07	1,29E-07	4,80309E-08	5,4557E-09	6,148E-09
Benzo[a]pyren	2,40689E-06	4,2028E-06	4,61391E-06	3,23E-06	9,50063E-07	1,0911E-07	1,118E-07
Indeno[1,2,3-cd]pyren	1,60459E-07	3,192E-07	2,43656E-07	1,89E-07	4,11694E-08	1,0911E-08	1,062E-08
Dibenzo[a,h]anthracen	4,73487E-06	7,5584E-06	8,49863E-07	4,65E-07	1,32674E-07	1,2521E-08	1,466E-08
Benzo[g,h,i]perylene	2,09167E-08	3,5741E-08	3,21418E-08	2,32E-08	6,86156E-09	1,2003E-09	1,341E-09
ΣPAU	1,28411E-05	2,7928E-05	1,40666E-05	7,58E-06	1,4322E-06	1,6561E-07	1,803E-07

Tabulka 15: Výsledky analýzy rizik pro zimní období roku 2014

**Směrnice přímk**y pro každou látku je počítána jako:

$$SF = [IUR (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1} * 70 (\text{kg}) * 1000 (\mu\text{g}/\text{mg})]/20 (\text{m}^3/\text{den})$$

Kde:

IUR – Inhalation Unit Risk, jednotkové karcinogenní riziko pro příjem vdechováním.

Expozice způsobující karcinogenní riziko o hodnotě  $1\text{E}-6$  je považována za signifikantní. Karcinogenní rizika přesahující hodnotu  $1\text{E}-4$  jsou považována za nepřijatelná. V tabulkách s výpočty karcinogenního rizika pro letní a zimní sezónu roku 2014 jsou barevně vyznačeny signifikantní expozice. Z výsledků je zřejmé, že nejvíce překročení byly zjištěno u naftalenu, dále benzo[*a*]pyrenu, dibenzo[*a,h*]antracenu a benzo[*a*]antracenu. Významná překročení byla zjištěna v zimním období. Z uvedených výsledků vyplývá, že se na významném riziku polyaromatických uhlovodíků významně podílí lokální topeniště.

### 5.3.2 Diagnostické poměry – polyaromatické uhlovodíky

Mezi velmi často používanou techniku pro kvalitativní určení a charakterizaci zdrojů PAHs patří metoda diagnostických poměrů. V emisích určitých zdrojů převažují určité analyty, které jsou využívány pro diagnostické poměry (Galarneau, 2008; Ravindra et al., 2008; Callén et al., 2011 in Kucbel et al. 2014). Princip této metody vychází z výpočtu poměru koncentrace určitého páru PAHs, specifického pro určitý zdroj nebo skupinu zdrojů znečišťování, s následným srovnáním vypočtené hodnoty s hodnotami uváděnými v literatuře. Takto lze identifikovat potenciální zdroj emisí. Nicméně tato metoda se vyznačuje i řadou sporných elementů, jak uvádí někteří autoři jako např. Galarneau, 2008; Ravindra et al., 2008; Teixeira et al., 2012 in Kucbel et al. 2014.

Poměr	Zdroj emisí PAHs	Hodnota a poměru	Citace
Fl/(Fl+Pyr)	Diesel	>0.5	Mandalakis et al. 2002
	Benzin	<0.5	
	Uhlí/koks	0.53	Kong et al. 2010
	Spalování uhlí	0.57	Galarneau, 2008
	Tavení železa	0.4	Manoli et al., 2004
B[b]F/B[k]F	Výroba koksu	0.5	
	Diesel	>0.5	Pandey et al. 1999
IND/(IND+B[g,h,i]P)	Petrogení zdroje	<0.2	Yunker et al., 2002
	Spalování nafty v dieselových motorech	0.2 - 0.5	
	Spalování trávy, dřeva a uhlí	>0.5	
	Spalování uhlí	0.56	Kong et al., 2013
	Tavení železa	0.37	
B[a]P/(B[a]P+CHR)	Výroba koksu	0.90	Galarneau, 2008
	Nafta	<0.5	
	Benzin	>0.5	
	Spalování uhlí	0.46	
	Vozidla s dieselovým motorem	0.65	
	Vozidla s benzinovým motorem	0.5	
	Spalování zemního plynu	0.39	
	Spalování oleje	0.5	
B[a]A/(B[a]A+CHR)	Spalování dřeva	0.59	Kong et al., 2013
	Uhlí/koks	0.5	
	Spalování uhlí	0.46	
	Tavení železa	0.48	
Flu/(Flu+Pyr)	Výroba koksu	0.30	De La Torre-Roche et al., 2009, Wu et al., 2014
	Petrogení zdroje	<0.4	
	Spalování fosilních paliv	0.4 - 0.5	
	Spalování trávy, dřeva, uhlí	>0.5	
B[a]P/B[ghi]P	Nedopravní emise	<0.6	Katsoyiannis et al., 2007
	Emise z dopravy	>0.6	

Tabulka 16: PAHs diagnostické poměry použité jako ukazatel zdroje znečišťování (Kuchel et al. 2014)

Tabulka č. 17 byla následně zpracována dle hodnot z předchozí tabulky č. 16. K jednotlivým lokalitám byly přiřazeny potenciální zdroje v závislosti na PAHs diagnostických poměrech použitých jako ukazatel zdroje znečišťování.

	Fl/(Fl+Pyr)	B[b]F/B[k]F	IND/(IND+B[g,h,i]P)	B[a]P/(B[a]P+CHR)	B[a]A/(B[a]A+CHR)	Flu/(Flu+Pyr)	B[a]P/B[ghi]P
Třinec	0,45	1,86	0,41	0,46	0,49	0,59	1,39
Třinec-Oldřichovice	0,64	1,86	0,44	0,34	0,39	0,57	1,15
O-Poruba	0,44	2,00	0,45	0,46	0,51	0,58	1,25
Karviná	0,53	1,85	0,45	0,45	0,49	0,60	1,35
Havířov	0,54	1,71	0,45	0,51	0,50	0,59	1,36
Ostravice	0,48	1,99	0,42	0,43	0,39	0,61	0,98
	PAHs ze spalování nafty v dieselových motorech	PAHs ze spalování nafty v benzinových motorech	Emise z dopravy (spalování nafty v dieselových motorech)	Nedá se rozhodnout	Spalování uhlí	Spalování uhlí a biomasy	

Tabulka 17: Výsledné poměry PAU za zimní období 2013 a 2014

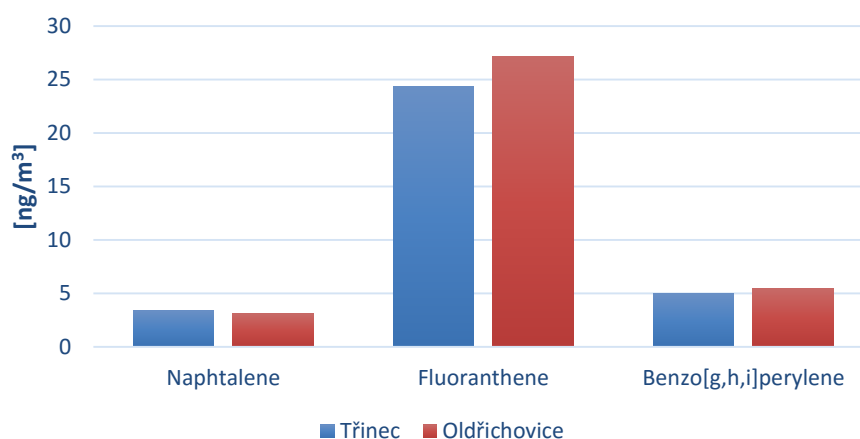
Použití diagnostických poměrů analytů PAU převzatých z literatury je v tabulce č. 18 doplněno o poměry vypočtené z emisí PAU naměřených při spalování černého uhlí s proplástkem v Elektrárně Třebovice.

	$Fl/(Fl+Pyr)$	$B[b]F/B[k]F$	$IND/(IND+B[g,h,i]P)$	$B[a]P/(B[a]P+CHR)$	$B[a]A/(B[a]A+CHR)$	$Flu/(Flu+Pyr)$	$B[a]P/B[g,h]P$
Průměr zim 2013/2014	0,45	1,86	0,41	0,46	0,49	0,59	1,39
PM <sub>10</sub>	0,5	0,4	0,5	0,2	0,39	0,5	1
Pm <sub>2,5-10</sub>	0,2	0,81-0,90	1	0,3	0,86	0,21	0,28
Saze	0,22	1,41	0,34	0,37	0,37	0,22	0,39

**Tabulka 18: Porovnání průměru diagnostických poměrů z vybraných lokalit s poměry určené z emisí ze spalování uhlí ve velkém energetickém zdroji a sazích z dieslových motorů**

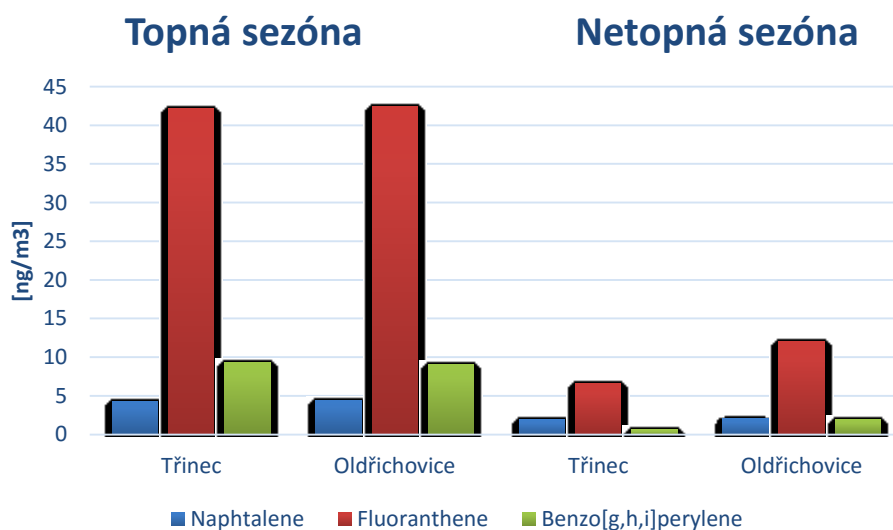
V tabulce jsou také uvedeny výsledky průměru zim 2013/2014, poměru analytů uváděných v tabulce č. 17 a dále diagnostické poměry pro třídu PM<sub>10</sub> a třídu 2.5 – 10 µm. Rozdíly mezi hodnotou poměrů v jednotlivých třídách jsou významné. Z uvedených výsledků je zřejmé, že diagnostické poměry budou ovlivňovány velikostní distribucí částic v PM<sub>10</sub>. V posledním řádku tabulky jsou uvedeny hodnoty analytů v sazích dieslových motorů, které byly získány z výfuků automobilů Škoda Superb a Škoda Octavia. Výsledky diagnostických poměrů jsou ovlivněny stářím vozidla.

Porovnáním průměrných hodnot ze zim 2013/2014 diagnostických poměrů s nově definovanými poměry vyplývá, že poměr  $B[b]F/B[k]F$  může být vhodným indikátorem pro imisní zátěž z dopravy. Poměr  $B[a]P/B[g,h]P$  a  $Flu/Flu+Pyr$  může indikovat vliv spalování uhlí.



**Graf 26: Průměrné koncentrace PAU za období zima 2013 až léto 2014**

Z grafu č. 26 lze vyčíst průměrné koncentrace vybraných polyaromatických uhlovodíků za období zima 2013 až léto 2014 v lokalitách Třinec a Třinec-Oldřichovice. Koncentrace naphtalene a benzo[g,h,i]perylene se od sebe téměř neliší, u fluoranthene je rozdíl mezi lokalitami necelé 3 ng/m<sup>3</sup>.



**Graf 27: Koncentrace PAU za období zima 2013 až léto 2014 v topné a netopné sezóně**

Z grafu č. 27 vyplývá, že jak lehké, tak těžké PAU jsou emitovány hlavně v topné sezóně, jejich koncentrace v ovzduší je tedy ovlivněna spalováním v lokálních topeništích. Koncentrace v netopné sezóně je téměř 8 krát nižší než v případě topné sezóny.

### 5.3.3 Identifikace rozložení částic podle velikost v zrnitostních třídách

Měření probíhalo na přístroji ELPI+<sup>TM</sup> (elektrický nízkotlaký impaktor). Na obrázku č. 17 je zachycen spektrometr používaný pro měření distribuce velikosti částic v reálném čase na měřicí stanici Ostrava-Poruba. Operační princip je založen na dobře známé ELPI+<sup>TM</sup> technologii.

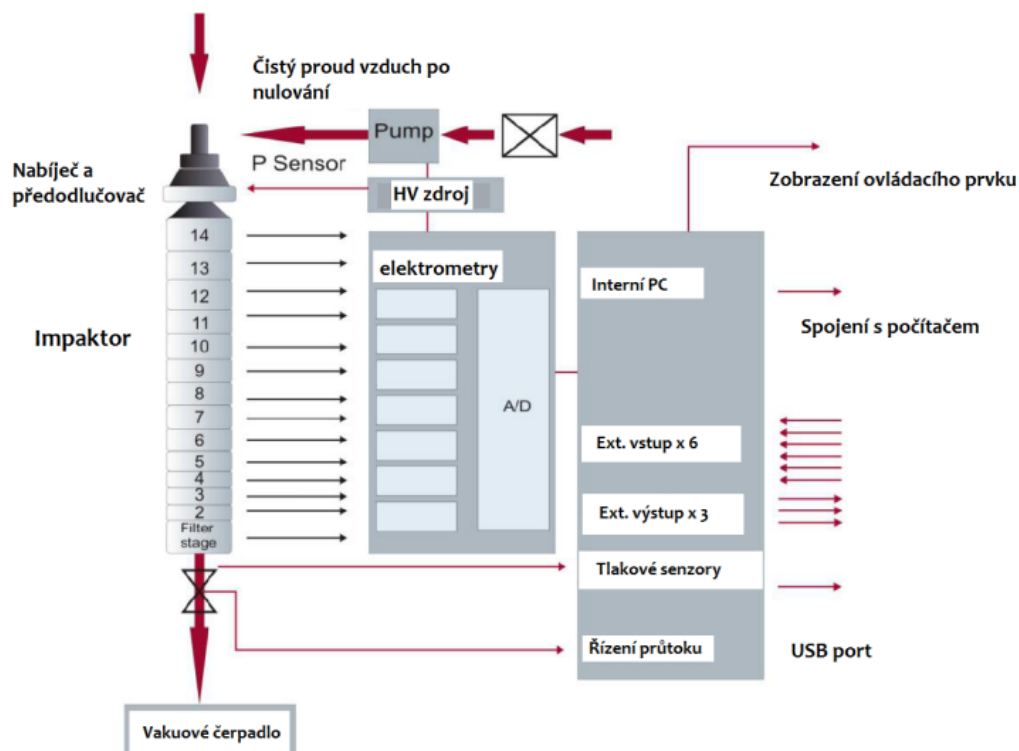


Obrázek 17: Spektrometr ELPI+

Částice nejdříve prochází koronovou nabíječkou, kde dochází k jejich nabití na známý náboj. Po nabití jsou tříděny v nízkotlakém kaskádovém impaktoru v závislosti na jejich aerodynamickém průměru. Jednotlivé impaktorové fáze jsou elektricky odizolovány a ke každé fázi je připojen citlivý elektrometr. Nabité částice, získané na určité fázi impaktoru, produkují elektrický proud, který je zaznamenáván pomocí příslušného kanálu elektroměru. Tento proud je úměrný koncentraci částic na jednotlivých fázích impaktoru.

Přístroj ELPI+<sup>TM</sup> měří částice ve 14 velikostních frakcích a to v rozsahu od 6 nm až do 10  $\mu$ m. Třináct impaktorových fází pracuje v rozmezí od 17 nm do 10  $\mu$ m. Vzorky zachycené v těchto třinácti impaktorových fázích mohou být dále chemicky analyzovány. Poslední měřicí fáze je schopna zachytit částice v rozmezí 6 až 17 nm a představuje záložní filtrační fázi. Provozní princip měřicího zařízení je zobrazen na obrázku č. 18.





Obrázek 18: Provozní princip ELPI+<sup>TM</sup> (ELPI, 2013)

Obrázek č. 19 zachycuje držáky filtrů pro odběr částic v jednotlivých zrnitostních třídách, filtry jsou detailněji zachyceny na obrázku č. 20.



Obrázek 19: Držáky filtrů



Obrázek 20: Detailní fotografie filtrů

Z tabulky č. 19 je zřejmé, že se na obou sledovaných lokalitách vyskytují nejvyšší koncentrace částic ve třídě od 156 do 949 nm, kde se vyskytuje 55 až 75% částic. Tyto zákonitosti se projevují celoročně. Na obou lokalitách v létě a v přechodném období vzrůstá podíl hrubozrnných částic ve třídě od 2,5 do 10  $\mu\text{m}$  cca o 10%, což souvisí s resuspencí částic (zvětvávání půd apod.).

Zrnitost [nm]	Třinec			Oldřichovice		
	Léto	Přechodná	Zima	Léto	Přechodná	Zima
	(%)					
< 18,3	3,33	2,27	0,27	0,90	2,84	0,25
18,3 - 28,1	6,22	1,74	0,20	1,63	4,02	0,39
28,1 - 55,6	4,20	1,89	0,61	7,40	1,66	0,65
55,6 - 93,7	5,34	2,57	2,69	3,97	6,56	2,69
93,7 - 156	10,51	4,30	7,99	12,09	12,06	8,42
156 - 263	15,72	17,44	15,67	16,07	14,51	15,19
263 - 383	15,77	24,08	20,89	14,25	13,20	21,35
383 - 614	10,86	14,57	22,51	9,39	13,77	22,03
614 - 949	5,78	4,83	16,00	8,30	3,89	14,94
949 - 1600	5,52	4,08	5,66	3,79	6,34	6,70
1600 - 2390	4,38	8,91	3,37	4,15	8,13	3,44
2390 - 4000	8,15	6,49	2,29	3,43	4,46	2,19
4000 - 6690	2,54	3,10	1,31	6,86	5,68	0,97
6690 - 9930	1,67	3,62	0,54	7,76	2,97	0,79
$\Sigma \text{PM}_{10}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	100	100	100	100	100	100

Tabulka 19: Rozdělení částic do zrnitostních tříd v roce 2014

## Diskuze

Následující výsledky vycházejí z tabulky č. 20. Hodnoty benzo[*a*]pyrenu překračují limity na obou stanicích v Třinci, kdy k překročení dochází několikanásobně, to má za následek i zjištěná zdravotní rizika, viz kapitola (5.3.1), která byla prokázána pro lokality Třinec (pro sumy všech sledovaných polyaromatických uhlovodíků).

Vyšší koncentrace As oproti Třinci byly nečekaně zjištěny v lokalitě Ostravice, kdy hodnoty dosahovaly 3,6 ng/m<sup>3</sup>, což pravděpodobně souvisí se spalováním hnědého uhlí v zimním období v lokalitě. Nejvyšší průměrné hodnoty částic PM<sub>10</sub> za rok 2014 byly naměřeny v lokalitě Třinec-Oldřichovice, tyto hodnoty nepřesahují limitní hodnoty, ale jak bylo popsáno v kapitole imisní zátěž oblasti, dochází zde k výkyvům, které dokonce tento limit překračují dvojnásobně, tento jev je nejčastější v zimním období, a to přesněji v topné sezóně.

[ng/m <sup>3</sup> ]	Třinec	Třinec - Oldřichovice	Ostravice	Limity
<b>ΣPAU</b>	53,90	39,44	38,06	-
<b>Benzo[<i>a</i>]pyren</b>	6,71	7,32	0,51	1
<b>Ni</b>	1,57	1,60	1,68	20
<b>As</b>	2,29	1,60	3,60	6
<b>Cd</b>	0,28	0,44	0,22	5
<b>Pb</b>	75	28	52	500
<b>PM<sub>10</sub> [μg/m<sup>3</sup>]</b>	33,48	43,08	11,12	50

Tabulka 20: Porovnání výsledných hodnot s imisními limity (www.eagri.cz)

Z tabulky č. 21 vyplývají výsledky analýzy rizik pro zimní období v roce 2014. Suma PAU způsobuje prokazatelné riziko na všech měřených lokalitách.

[ng/m <sup>3</sup> ]	O- Radvanice	O- Poruba	Karviná	Havířov	Třinec	Třinec Oldřichovice	Ostravice
<b>Naphtalen</b>	4,64017E-06	1,434E-05	6,74621E-06	3E-06	-	-	-
<b>Benzo[<i>a</i>]pyren</b>	2,40689E-06	4,2028E-06	4,61391E-06	3,23E-06	9,50063E-07	1,0911E-07	1,118E-07
<b>Dibenzo[<i>a,h</i>]anthracen</b>	4,73487E-06	7,5584E-06	8,49863E-07	4,65E-07	1,32674E-07	1,2521E-08	1,466E-08
<b>ΣPAU</b>	1,28411E-05	2,7928E-05	1,40666E-05	7,58E-06	1,4322E-06	1,6561E-07	1,803E-07

Vysvětlivky: žlutá – vyznačení míst s nejvyšší koncentrací

Tabulka 21: Vybrané výsledky analýzy rizik pro zimní období roku 2014

## 6. Závěr

Cílem předložené diplomové práce je porovnání imisní zátěže v oblasti Třinec, Třinec-Oldřichovice s dalšími lokalitami v regionu (Havířov-Šumbark, Karviná-ZUOVA, požad'ová lokalita Ostravice) a následné vyhodnocení podílů jednotlivých zdrojů na znečištění.

Problematická je hlavně identifikace podílu průmyslových zdrojů na znečištění. V případě sledování celkové prašné depozice (do velikosti částic 40  $\mu\text{m}$ ) bylo na základě výskytu oxidů železa (magnetitu a hematitu) prokázáno, že lokalita Třinec i Ostrava-Radvanice obsahuje v celkové prašné depozici více než 40 % minerálů, které pochází z metalurgického průmyslu. V případě lokality Třinec-Oldřichovice je to pouze 25 - 40 %, 10 - 25 % reprezentuje Karviná, méně než 10 % Ostravice (dálkový přenos z Třince) a žádné minerály nebyly detekovány v lokalitě Ostrava-Poruba.

Analýzou částic  $\text{PM}_{10}$  bylo prokázáno, že imise v Třinci obsahují výrazně vyšší koncentrace Mn a Pb než v Třinci-Oldřichovicích. V Třinci byl u Mn zjištěn index obohacení 11,86, v Třinci-Oldřichovicích pouze 4,70. Podobné hodnoty byly zjištěny u Pb, pro Třinec 14,36 a pro Třinec-Oldřichovice 5,42. Z hodnot indexu obohacení vyplývá, že lokalita Třinec-Oldřichovice má cca o  $\frac{1}{2}$  nižší zátěž způsobenou metalurgickým průmyslem, která je vyjádřena na základě obsahu těžkých kovů v imisích.

Celkově jsou obsahy Fe v imisích nižší než v jiných Evropských městech (Budapešť, Berlín), ale cca 5 x vyšší než ve Vídni. Koncentrace „black carbonu“ i organického uhlíku (OC) byly nepatrně vyšší v Třinci. V Třinci-Oldřichovicích byly zjištěny nepatrně vyšší obsahy benzo[a]pyrenu než v Třinci, což souvisí s provozem lokálních topenišť.

## Seznam použité literatury

BELLATO A. C. S., REICH, S. L. *Monitoring trace metals in urban aerosols from Buenos Aires City. Determination by plasma-based techniques.* Journal of Environmental Monitoring. 2004, 6, 286–294.

BLAŽEK, Z. *Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy.* 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 2013, 1-180. ISBN 978-80-87577-15-8.

CAVALLI, F., VIANA, M., YTTRI, K. E., GENBERG J., PUTAND J. P. *Toward a standardized thermal-optical protocol for measuring atmospheric organic and elemental carbon: The EUSAAR protocol,* Atmos. Meas. Tech. 2010, 3, 79-89.

DEMEK, J. et al. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny.* Brno: AOPK ČR. 2006, 1-543. ISBN 80-86064-99-9.

HANSEN, J., M. SATO, R. RUEDY, L. NAZARENKO, A. LACIS, G. A. SCHMIDT, G. RUSSELL, I. ALEINOV, M. BAUER, S. BAUER, N. BELL, B. CAIRNS, V. CANUTO, M. CHANDLER, Y. CHENG, A. DEL GENIO, G. FALUVEGI, E. FLEMING, A. FRIEND, T. HALL, C. JACKMAN, M. KELLEY, N. KIANG, D. KOCH, J. LEAN, J. LERNER, K. LO, S. MENON, R. MILLER, P. MINNIS, T. NOVAKOV, V. OINAS, JA. PERLWITZ, JU. PERLWITZ, D. RIND, A. ROMANOU, D. SHINDELL, P. STONE, S. SUN, N. TAUSNEV, D. THRESHER, B. WIELICKI, T. WONG, M. YAO a S. ZHANG. *Efficacy of climate forcings.* Journal of Geophysical Research. 2005, 110, D18104. Doi: 10.1029/2005JD005776.

HUEGLIN, Ch., GEHRIG, R., BALTENSPERGER, U., GYSEL, M., MONN, Ch., VONMONT, H. *Chemical characterisation of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> and coarse particles at urban, near-city and rural sites in Switzerland.* Atmospheric Environment. 2005, 39, 637–651.

CHOËL M., DEBODT, K., FLAMENT, P., AIMOY, L. MÉRIAUX, X. *Single-particle analysis of atmospheric aerosols at Cape Gris-Nez, English Channel: Influence of steel works on iron apportionment.* Atmospheric Environment. 2007, 41, 2820–2830.

KUCBEL M., SÝKOROVÁ B., Kucharova J., RACLAVSKÁ H., RACLAVSKÝ K. *Využití diagnostických poměrů mezi PAHs k identifikaci zdrojů znečištění.* Ostrava, 2014, 1-9.

KUCBEL, M., KUCHAROVÁ, J., SÝKOROVÁ, B., RACLAVSKÁ, H., RACLAVSKÝ, K. *Evaluation of organic carbon in dust particles in emissions of the Moravian-Silesian Region (Czech Republic). In: Digital proceedings of the 10th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, SDEWES2015. September 27 – October 2, 2015, Dubrovnik, Croatia. Edited by: BAN, M. et al. 1074- 7. ISSN 1847-7178.*

LIMON - SANCHEZ, M. T., ROMERO, P. C., MENA, L. H., NORENA, H. S., LOPEZ, A. L., RAMIREZ, R. C., COLINA J. L. A. and SMIT, W. *Black carbon in PM<sub>2.5</sub>, data from two urban sites in Guadalajara, Mexico during 2008.* Atmospheric Pollution Research. 2011, 2, 358-365.

LIU, D., ALLAN, J.D., YOUNG, D.E., COE, H., BEDDOWS, D., FLEMING, Z.L., FLYNN, M.J., GALLAGHER, M.W., HARRISON, R.M., LEE, J., PEVOT, A.S.H., TAYLOR, J.W., YIN, J., WILLIAMS, P.I., ZOTTER, P. *Size distribution, mixing state and source apportionment of black carbon aerosol in London during wintertime.* Atmos. Chem. Phys. 2014, 14, 10061-10084.

LUCARELLI, F., MANDÓ, P. A., NAVA, S., PRATI, P., ZUCCHIATTI, A. *Elemental composition of urban aerosol collected in Florence, Italy.* Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2000, 161–163, 819–824.

Mohiuddin, K., STREZOV, V., NELSON, P. F., STELCER, E. *Characterisation of trace metals in atmospheric particles in the vicinity of iron and steelmaking industries in Australia.* Atmospheric Environment. 2014, 83, 72-79.

MURÁNSZKY, G., ÓVÁRI, M., VIRÁG, I., CSIBA, P., DOBAI, R., ZÁRAY, G. *Chemical characterization of PM<sub>10</sub> fractions of urban aerosol.* Microchemical Journal. 2011, **98**(1), 1-10.

PARK, S. S., HANSEN, A. D. A. and CHO, S. Y. *Measurement of real time black carbon for investigating spot loading effects of Aethalometer data.* Atmospheric Environment. 2010, 44, 1449-1455.

PUXBAUM, H., GOMISCEK, B., KALINA, M., BAUER, H., SALAM, A., STOPPER, S., PREINING, O., Hauck H. *A dual site study of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> aerosol*

*chemistry in the larger region of Vienna, Austria. Atmospheric Environment. 2004, 38, 3949–3958.*

RECHE, C., QUEROL, X. et al. *New consideration for PM, black carbon and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities. Atmos. Chem. Phys. 2011, V.11, 6207-6227.*

SUNSET LABORATORY INC. *Semi-continuous OCEC carbon aerosol analyzer. Portland. 2005, 1-96.*

TOLASZ, R. *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 2007, 1-255. ISBN 978-80-86690-26-1.*

TOLASZ, R. *Meteorologické zprávy: Teplotní a srážkové poměry Ostravska v období 1961-2013. Praha: Český hydrometeorologický ústav. 2015, 68(5), 129-140.*

TRIPATHI, S. N. Dey, S. Tare, V. and SATHEESH, S. K. *Aerosol black carbon radiative forcing at an industrial city in northern India. Geophysical Research Letters. 2005, 32, ISSN: 0094-8276.*

U. S. EPA, 2012; PIO et al., 2011; ZHOU et al., 2012; PARK et al., 2005; Kim, 2006; CHEN et al., 2004; VIIDANOJA et al., 2002 in KUCBEL, M. *Výskyt „Black carbon“ v ovzduší Ostravsko-Karvinské aglomerace. Ostrava, 2013. Diplomová práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornicko-geologická.*

VÍDEN, I. *Chemie ovzduší. 1.vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. 2005. ISBN 80-7080-571-4.*

Wallace, L. *Real-Time Measurements of Black Carbon Indoors and Outdoors: A Comparison of the Photoelectric Aerosol Sensor and the Aethalometer, Aerosol Science and Technology. 2005, 39:10, 1015-1025. Doi: 10.1080/02786820500365363.*

ZHANG, G. X., LOU S., LI, L., WANG, H., WANG, X., ZHOU Z., SHENG, G., FU, J., CHEN, Ch. *Source and mixing state of iron-containing particles in Shanghai by individual particle analysis. Chemosphere. 2014, 95, 9–16.*

ZMIJKOVÁ, D., Raclavský, K. *The carcinogenic risk of air particles in the Moravian-Silesian region (Czech Republic). Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society. 2015, 2(36), 219–224.*



## Internetové zdroje

*All for power: Objem prachu klesl na historické minimum tří set tun* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/objem-prachu-klesl-na-historicke-minimum-tri-set-tun/>

*Arnika: Olovo* [online]. 2014. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://arnika.org/olovo>

*Beskydy: Podnebí- vítr* [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://informace.beskydy.cz/content/beskydy-informacni-texty-beskydy-podnebi.aspx>

*Český hydrometeorologický ústav: Grafická ročenka-benzo[a]pyren* [online]. 2014 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/IV2\\_BaP\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/IV2_BaP_CZ.html)

*Český hydrometeorologický ústav: Grafická ročenka-kvalita ovzduší v ČR* [online]. 2014 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/IV1\\_PM\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/IV1_PM_CZ.html)

*Český hydrometeorologický ústav: Grafická ročenka-těžké kovy* [online]. 2013 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IV6\\_TK\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/IV6_TK_CZ.html)

*Eagri: Imisní limity a povolený počet jejich překročení za kalendářní rok* [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/101021387.html>

*ELPI+™: Uživatelský manuál verze 1.22* [online]. 2013. Dekati [cit. 2016-04-25].

*Historie města Třinec* [online]. 2014 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: [http://www.soupispamatek.com/okres\\_tesin/foto/trinec/trinec\\_historie.htm](http://www.soupispamatek.com/okres_tesin/foto/trinec/trinec_historie.htm)

*Informační centrum Třinec: Město Třinec* [online]. 2015 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.info-trinec.cz/index.php?sec=9>

*Informační systém životního prostředí: Emisní limity-ovzduší* [online]. 2006 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/assets/temata/ippc/files/tz---elektroocelarna.pdf>

*Irz.cz: Arzen a sloučeniny.* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/13>

*Irz.cz: Měď a sloučeniny*. [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z:  
<<http://www.irz.cz/node/67>>

*Irz.cz: Olovo a sloučeniny*. [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z:  
<http://www.irz.cz/node/74>

*Irz.cz: Zinek a sloučeniny*. [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z:  
<http://www.irz.cz/node/106>

*Lenntech.com: Arsenic (As)*. [online]. 2014 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z:  
<http://www.lenntech.com/periodic/elements/as.htm>

*Lokální topeniště: Proč řešit kotle* [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z:  
<http://lokalni-topeniste.kr-moravskoslezsky.cz/proc-resit-kotle>

*Mageesci.com: Rack Mount Aethalometer* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z:  
[http://mageesci.com/rack\\_mount\\_aethalometer/](http://mageesci.com/rack_mount_aethalometer/)

*Moravské Karpaty: Třinecká brázda* [online]. Robert Hruban, 2016 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: [http://moravske-karpaty.php5.cz/priroda\\_soubory/geomorfologie/trinecka\\_brazda.htm#ropicka\\_plosina](http://moravske-karpaty.php5.cz/priroda_soubory/geomorfologie/trinecka_brazda.htm#ropicka_plosina)

*Moravskoslezský deník: Dlouholetý sen se začíná plnit. Začala stavba obchvatu Třince* [online]. Lukáš Morys, 2014 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z:  
<http://moravskoslezsky.denik.cz/z-regionu/dlouholety-sen-se-zacina-plnit-zacala-stavba-obchvatu-trince-20140806-tkfj.html>

*Ochrana přírody: Regionální pracoviště Správa CHKO Beskydy- klimatické poměry* [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z:  
<http://beskydy.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/klimaticke-pomery/>

*Ostrava-online: Třinecké železárny loni snížily emise tuhých látek* [online]. 2012 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.ostrava-online.cz/zpravy/trinecke-zelezarny-loni-snizily-emise-tuhych-latek>

*Regionální informační servis: Přírodní podmínky v CHKO Beskydy- klima* [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.risy.cz/cs/turisticke-ris/beskydy-cz/ochrana-prirody/prirodni-podminky>

*Silnice I/11 Oldřichovice - Bystřice: Dopravní význam stavby* [online]. 2015 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.msksilnice11rsd.cz/index.php/dopravni-vyznam-stavby-bystrice>

*TZB-info: Vytápění- kotle, kamna, krby* [online]. 2013 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9665-jake-parametry-musi-splnit-kotle-na-tuha-paliva-legislativa-v-cr-a-evrope>

*TZB-info: Vytápění- kotlíkové dotace* [online]. 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/13818-novela-zakona-o-ochrane-ovzdusi-umoznuje-kontrolu-provozu-kotlu-primo-v-domacnostech>

*Tzb-info: Vytápění-vytápíme plynem* [online]. 2015 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/13522-takto-vyhodna-prilezitost-pro-vymenu-kotlu-na-plyn-jeste-nikdy-v-cr-nebyla>

*Tzb-info: Vytápění-vytápíme tuhými palivy* [online]. 2013 [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/9536-emise-prachu-z-malych-spalovacich-zarizeni-na-tuha-paliva-a-metody-jejich-stanoveni>

*Ušetřeno.cz: Kdy začíná topná sezóna* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.usetreno.cz/kdy-zacina-topna-sezona/>

## **Seznam použitých zkratek**

PM<sub>1,5</sub> - prachové částice o velikosti 1,5 mikrometrů

PM<sub>2,5</sub> - prachové částice o velikosti 2,5 mikrometrů

PM<sub>10</sub> - prachové částice o velikosti 10 mikrometrů

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

BC- black carbon

OC- organic carbon

EC- elemental carbon

PAH- polyaromatické uhlovodíky

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa zájmových lokalit ( <a href="http://www.google.cz/maps">www.google.cz/maps</a> ).....	3
Obrázek 2: Nejvyšší 24hodinové koncentrace PM <sub>10</sub> za rok 2014 ( <a href="http://www.chmi.cz">www.chmi.cz</a> ) .....	6
Obrázek 3: Roční průměrné koncentrace benzo[ <i>a</i> ]pyrenu v roce 2014 ( <a href="http://www.chmi.cz">www.chmi.cz</a> ) ....	12
Obrázek 4: Geologická mapa Třince ( <a href="http://mapy.geology.cz">mapy.geology.cz</a> ) .....	13
Obrázek 5: Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace (Tolasz, 2007).....	14
Obrázek 6: Hodnoty větrné růžice na měřící stanici Třinec-Kosmos za rok 2015.....	16
Obrázek 7: Hodnoty větrné růžice na měřící stanici Třinec-Kanada za rok 2015.....	16
Obrázek 8: Třinecké železářny z ptáčích perspektivy ( <a href="http://www.trz.cz">www.trz.cz</a> ) .....	17
Obrázek 9: Dokumentace charakteru analyzovaných částic (SEM, FEI, Quanta) .....	19
Obrázek 10: Nejvytíženější silnice I/11 v Třinci ( <a href="http://www.mapy.cz">www.mapy.cz</a> ) .....	21
Obrázek 11: Obchvat města Třinec ( <a href="http://www.msksilnice11rsd.cz">www.msksilnice11rsd.cz</a> ).....	22
Obrázek 12: Lokální topeniště .....	23
Obrázek 13: Roční emise prachových částic PM <sub>2,5</sub> v Moravskoslezském kraji.....	24
Obrázek 14: Indikátor částic PM <sub>2,5</sub> na plochu zástavby v okrese Karviná .....	25
Obrázek 15: Měřící stanice Ostrava-Poruba .....	26
Obrázek 16: Analyzátor OC/EC .....	28
Obrázek 17: Spektrometr ELPI+ .....	51
Obrázek 18: Provozní princip ELPI+ <sup>TM</sup> .....	52
Obrázek 19: Držáky filtrů .....	52
Obrázek 20: Detailní fotografie filtrů .....	53

## Seznam grafů

Graf 1: Průměrné měsíční hodnoty částic PM <sub>10</sub> ze stanice Třinec-Kosmos za rok 2015 .....	5
Graf 2: Průměrné hodnoty částic PM <sub>10</sub> za období topné a netopné sezóny v roce 2015 .....	6
Graf 3: Průměrné roční koncentrace Pb .....	7
Graf 4: Průměrné roční koncentrace Cd .....	8
Graf 5: Průměrné roční koncentrace As .....	8
Graf 6: Průměrné roční koncentrace Ni .....	9
Graf 7: Vývoj průměrné měsíční koncentrace As, Cd, Ni na vybraných lokalitách .....	10
Graf 8: Vývoj průměrné měsíční koncentrace Pb na lokalitách Český Těšín, Karviná, Ostrava – Radvanice a Ostrava – Poruba .....	11
Graf 9: Průměrné hodnoty koncentrace rizikových prvků pro topnou a mimo topnou sezonu v roce 2014 .....	11
Graf 10: Průměrné koncentrace Pb za období zima 2013/2014 a 2014/2015 .....	32
Graf 11: Průměrné koncentrace Cd za období zima 2013/2014 a 2014/2015 .....	33
Graf 12: Průměrné koncentrace As za období zima 2013/2014 a 2014/2015 .....	34
Graf 13: Průměrné koncentrace Ni za období zima 2013/2014 a 2014/2015 .....	35
Graf 14: Roční průměrná koncentrace Fe a Mn v částicích PM <sub>10</sub> .....	36
Graf 15: Roční průměrná koncentrace Zn a Pb .....	36
Graf 16: Korelační závislost mezi OC a PAU .....	39
Graf 17: Koncentrace OC za rok 2014 .....	39
Graf 18: Procentuální podíl koncentrace OC v PM <sub>1</sub> za rok 2014 .....	40
Graf 19: Závislost mezi obsahem BC a PM <sub>10</sub> na vybraných lokalitách v zimě 2014/2015 ..	41
Graf 20: Koncentrace BC v imisích v roce 2014 .....	41
Graf 21: Koncentrace BC v imisích v roce 2015 .....	41
Graf 22: Poměr koncentrací BC v zimě/létě pro rok 2014 a 2015. ....	42

Graf 23: Podíl odvětví na celkových emisích benzo[ <i>a</i> ]pyrenu za rok 2013.....	43
Graf 24: Průměrné roční koncentrace benzo[ <i>a</i> ]pyrenu za rok 2014.....	44
Graf 25: Průměrné koncentrace benzo[ <i>a</i> ]pyrenu za zimu 2013/2014 .....	44
Graf 26: Průměrné koncentrace PAU za období zima 2013 až léto 2014 .....	50
Graf 27: Koncentrace PAU za období zima 2013 až léto 2014 v topné a netopné sezóně..	50

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrné koncentrace prvků v topné sezoně (T) a mimo topné sezoně (MT).....	9
Tabulka 2: Geomorfologické jednotky (DEMEK, 2006) .....	13
Tabulka 3: Charakteristika klimatických oblastí MW7 a MW8 (Tolasz; 2007) .....	15
Tabulka 4: Výsledky mineralogického rozboru metodou RTG-difrakce (%) .....	18
Tabulka 5: Výsledky chemického složení tuhých znečišťujících látek z aglomerace 1.....	19
Tabulka 6: Výsledky bodové analýzy částic (hm. %) .....	20
Tabulka 7: Srovnání koncentrace prvků v PM <sub>10</sub> s jinými městy v ng/m <sup>3</sup> .....	29
Tabulka 8: Průměrné hodnoty koncentrací prvků v PM <sub>10</sub> .....	35
Tabulka 9: Srovnání koncentrace prvků na sledovaných lokalitách v PM <sub>10</sub> s jinými městy v ng/m <sup>3</sup> (Muranszky et al.; 2011) .....	36
Tabulka 10: Index obohacení.....	37
Tabulka 11: Přechodná sezóna 2014	
Tabulka 12: Zimní sezóna 2014.....	38
Tabulka 13: Letní sezóna 2014 .....	39
Tabulka 14: Výsledky analýzy rizik pro letní období roku 2014 .....	45
Tabulka 15: Výsledky analýzy rizik pro zimní období roku 2014 .....	46
Tabulka 16: PAHs diagnostické poměry použité jako ukazatel zdroje znečišťování.....	48
Tabulka 17: Výsledné poměry PAU za zimní období 2013 a 2014 .....	48
Tabulka 18: Porovnání průměru diagnostických poměrů z vybraných lokalit s poměry určené z emisí ze spalování uhlí ve velkém energetickém zdroji a sazích z dieslových motorů ....	49
Tabulka 19: Rozdělení částic do zrnitostních tříd v roce 2014.....	53
Tabulka 20: Porovnání výsledných hodnot s limity .....	54